

**MANUAL DE METODOLOGIAS DE MANTENIMIENTO APLICADAS
A LOS SISTEMAS ELECTRICOS INDUSTRIALES**

AQUILINO CALDERON SANCHEZ

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA
SANTIAGO DE CALI
2007**

**MANUAL DE METODOLOGIAS DE MANTENIMIENTO APLICADAS
A LOS SISTEMAS ELECTRICOS INDUSTRIALES**

AQUILINO CALDERON SANCHEZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

**Director
HUMBERTO GIRONZA LOZANO
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA
SANTIAGO DE CALI
2007**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar el título de Ingeniero Electricista.

Ing. HUMBERTO GIRONZA L.
Director

Santiago de Cali, Julio 25 de 2007

AGRADECIMIENTOS

"El Mundo está en las manos de aquellos que tienen el coraje de soñar y correr el riesgo de vivir sus sueños."

Paulo Coelho

A Dios, por bendecirme con esta experiencia maravillosa que me permitió crecer en mi fe y continuar mi desarrollo profesional culminando una etapa más en el camino de la vida.

A mi esposa, Graciela quien durante días y noches con su amor, soporte y largas horas de paciencia ha sido un eje para alcanzar nuestro sueño "un futuro mejor para nuestra familia".

A mis hijas, Sugey y Cristina quienes desde el otro lado del mar han estado en forma incondicional dándome ánimo y todo su amor para seguir luchando por lograr este objetivo. Gracias a ellas aprendí que lo dulce y lo salado hay que gozarlo intensamente para deleitarse con el éxito alcanzado.

A mis hermanos, amigos familia y a EMCALI por ser el combustible para seguir adelante con mis objetivos y darme la oportunidad para seguir ascendiendo.

Al Ingeniero Humberto Gironza lozano mi director de Tesis, por permitirme trabajar con el y sobretodo por haberme guiado en todo el proceso de escribir paso a paso mi proyecto final.

Aquilino Calderón.

CONTENIDO

	Pág.
1. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO	13
1.1. EL PORQUÉ DEL MANTENIMIENTO	13
1.2. EL FIN DEL MANTENIMIENTO	13
1.3. VARIABLES DEL MANTENIMIENTO	13
1.3.1. Fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad	15
1.4. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	15
1.5 LAS FALLAS	17
1.5.1. Clasificación de las fallas	18
1.6. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS FALLAS	21
1.6.1. Análisis de la prioridad de reparación	21
1.6.2. Procedimientos para analizar los problemas	22
2. TIPOS DE MANTENIMIENTO	37
2.1. CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	37
2.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	37
2.2.1. Procedimiento a seguir ante una rotura	37
2.2.2. Calculo de costos de mantenimiento correctivo	38
2.3. MANTENIMIENTO MODIFICATIVO	39
2.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	40
2.4.1. Mantenimiento sistemático	41
2.4.1.1. CALCULO DE COSTOS DE LA POLÍTICA DE MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO.	41
2.4.2. Mantenimiento condicional o predictivo	42
2.4.2.1. VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	42
2.4.2.2. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	42
2.4.2.3. TÉCNICAS DE ENSAYO NO DESTRUCTIVOS	43
2.4.2.4. APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DEL PREDICTIVO	60
2.4.2.5. SISTEMA SUPERVISOR- DIAGNOSTICADOR	61
2.5. DETERMINACIÓN DEL PERÍODO DE INTERVENCIÓN Y DIMENSIÓN DEL ÁREA	62
3. MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO Y ESTRATEGIA DE LAS 5S	64
3.1. TPM MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO	64
3.1.1. Introducción al tpm	64
3.1.2. Origen del tpm	64
3.1.3. Misión del tpm	65
3.1.4. Objetivo del tpm	66
3.1.5. Beneficios del tpm los beneficios que brinda el tpm	66
3.1.6. Características	67
3.1.7. Pilares del tpm	67
3.1.8 Mantenimiento autónomo	68

3.1.9. Proceso de puesta en marcha del tpm	69
3.1.9.1. FASE DE INICIACIÓN	69
3.1.9.2. FASE DE DESARROLLO	72
3.1.9.3. PERPETUIDAD	77
3.2. ESTRATEGIA DE LAS 5 S	78
4. GESTION DE MANTENIMIENTO	86
4.1. PAPEL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	86
4.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN EN MANTENIMIENTO	86
4.3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN	86
4.4. EL PLAN DE MANTENIMIENTO	86
4.5. PLAN ESTRATÉGICO	87
4.5.1. Metodología para la definición del plan estratégico	87
4.5.2. Análisis del plan estratégico	88
4.5.3. Índices de mantenimiento	89
4.6. CONTROL DE GESTIÓN	92
4.6.1. Los objetivos del control de gestión	92
4.6.1.1. FACTORES QUE INCIDEN EN UN SISTEMA DE CONTROL DE GESTIÓN	92
4.6.2. Instrumentos de un sistema de control de gestión	93
4.6.3. Conclusiones	93
4.7. COSTOS DE MANTENIMIENTO	93
4.7.1. Los costos y su división	93
4.7.2. Costos fijos	93
4.7.3. Costos variables	94
4.7.4. Costos financieros	94
4.7.5. Costo por falla	94
4.7.6. Costo total de mantenimiento	96
4.7.7. Costo óptimo o de equilibrio	96
4.8. GESTIÓN DE ALMACÉN	97
4.8.1. Stocks	97
5. APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACION	99
5.1. INTRODUCCIÓN	99
5.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO	99
5.3. ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN	101
5.4. IMPLEMENTACIÓN	101
5.5. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA MANTENIMIENTO	102
5.6. INVENTARIO Y REGISTRO DE EQUIPOS	103
5.7. PLANTILLAS COMO BASE PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	103
5.8. PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	105
6. RECURSOS HUMANOS Y SEGURIDAD APLICADOS	121

AL MANTENIMIENTO	121
6.1. RECURSOS HUMANOS	121
6.1.1. Objetivos de los recursos humanos, bases y desafíos	121
6.1.2. Los recursos humanos dentro de mantenimiento	123
6.1.3. Funciones de los recursos humanos	123
6.1.4. Actividades de los recursos humanos en mantenimiento	124
6.1.5. Sistema de información de rrhh	125
6.1.6. Planeación de los recursos humanos	126
6.1.7. Desarrollo de los recursos humanos	127
6.1.8. Evaluación del desempeño	128
6.1.9. Especialidades necesarias	128
6.1.10. Tipos de contratos	131
6.1.11. Diferencias entre trabajar con personal propio o contratado	133
6.1.12. Productividad del personal de mantenimiento	134
6.1.13. Acciones para motivar al personal	136
6.2. LA SEGURIDAD EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO	136
6.2.1. Accidente, condiciones peligrosas	137
6.2.2. Procedimiento para realizar actividades que entrañan riesgos	139
6.2.3. Protección en la operación de máquinas y herramientas	142
7. MANTENIMIENTO A EQUIPOS ELECTRICOS	145
7.1 MANTENIMEINTO PARA MOTORES MONOFASICOS	145
7.2 MANTENIMEINTO DE MOTORES TRIFASICOS	145
7.3 MANTENIMIENTO ARRANCADORES ELECTRICOS	147
7.4 MANTENIMIENTO A ARRANCADORES SUAVES	148
7.5 MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELECTRICAS	148
7.6. MANTENIMIENTO A SECCIONADORES	149
7.7. MANTENIMEINTO A TRANSFORMADORES	149
7.8. MANTENIMIENTO A TOTALIZADORES	150
7.9 MANTENIMINETO DE BARRAJES	151
7.10 MANTENIMIENTO A PLC'S	151
7.11 MANTENIMIENTO A CENTROS DE CONTROL DE MOTORES CCM	152
BIBLIOGRAFIA	154

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. DATOS OBTENIDOS Y SU FRECUENCIA EN MESES	26
Tabla 2. Total de defectos ocurridos	27
Tabla 3. Porcentaje de ocurrencias de falla	28
Tabla 4. OCURRENCIAS DE FALLAS ACUMULATIVAS	29
Tabla 5. FORMULACIÓN DE PREGUNTAS DE LA LISTA DE COMPROBACIÓN	35
Tabla 6. TABLA DE ESPESORES DE ELEMENTOS	57
Tabla 7. CUADRO DE DATOS DE APLICACIÓN DEL PENETRADOR	58
Tabla 8. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	65
Tabla 9. CUADRO DE PÉRDIDAS Y EFECTOS	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Relación entre Fiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad	16
Figura 2. CLASIFICACIONES DE FALLAS	20
Figura 3. Paretos comparativos	23
Figura 4. Datos obtenidos y su frecuencia	26
Figura 5. Diagrama de Pareto en cantidades	27
Figura 6. DIAGRAMA DE PARETO EN PORCENTAJE	28
Figura 7. DIAGRAMA PASTEL DE OCURRENCIAS	29
Figura 8. Diagrama de causa y efecto	30
Figura 9. Ejemplo diagrama causa y efecto	31
Figura 10. Ejemplo diagrama causa y efecto	32
Figura 11. ESQUEMA GENERAL DE LAS 5M	33
Figura 12. EJEMPLO DE ESQUEMA DE LAS 5M	33
Figura 13. ETAPAS DEL CICLO DE PROGRESO	35
Figura 14. Esquema de un diagrama de flujo	36
Figura 15. Esquema supervisor – diagnosticador	61
Figura 16. Esquema generalizador supervisor – diagnosticador	62
Figura 17. Ciclo PHVA	74
Figura 18. Estructura del sistema informático de mantenimiento	102
Figura 19. PLANTILLA DE REGISTRO E HISTÓRICO DE MÁQUINAS	107
Figura 20. PLANTILLA PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO	107
Figura 21. PLANTILLA DE REPUESTOS DE MÁQUINA	108
Figura 22. PLANTILLA PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO	108
Figura 23. PLANTILLA PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO	109
Figura 24. CALENDARIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	109
Figura 25. PLANILLA DE PERSONAL	110
Figura 26. LISTADO DE PROVEEDORES POR ESPECIALIDAD	110
Figura 27. CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO	111
Figura 28. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO	111
Figura 29. DIAGRAMA SECUENCIAL DE ACTUALIZACIÓN DE UNA MÁQUINA, EQUIPO Y/O DISPOSITIVO INDIVIDUAL	114
Figura 30. DIAGRAMA SECUENCIAL ANÁLISIS DE BAJA DE UNA MÁQUINA, EQUIPO Y/O DISPOSITIVO INDIVIDUAL	115
Figura 31. MENÚ DE CONTROL DE GESTIÓN	116
Figura 32. MENÚ DE SITUACIÓN COTIDIANA	116
Figura 33. MENÚ DE SITUACIÓN ACTUAL	119
Figura 35. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y ESTUDIO ESTADÍSTICO	132

RESUMEN

Este documento contiene la descripción de las metodologías aplicadas al mantenimiento de los equipos industriales, pero se hace énfasis al mantenimiento aplicado a los equipos eléctricos industriales.

Los objetivos que se desean alcanzar con este manual, son la obtención de un material bien explicito de las distintas metodologías que se aplican al mantenimiento de los equipos eléctricos.

Con este manual se pretende dar la importancia del mantenimiento a las máquinas eléctricas, y ver la gestión del mantenimiento en una forma gerencial, donde desaparece el concepto antiguo de “apaga incendios” cuando se presentaba una falla en un equipo y lograr integrar todas las herramientas que posee la nueva teoría del mantenimiento para que un equipo sea confiable y seguro en su operación.

Se pretende también ver las nuevas metodologías aplicadas al mantenimiento como una cadena de compromiso con el sistema productivo de una empresa, mejorando la parte de costos y de productividad.

Con las nuevas metodologías de mantenimiento se pretende en este manual, que la industria consiga el máximo nivel de eficiencia del sistema productivo y de servicios, disminuyendo el tiempo perdido de producción, ocasionando la menor contaminación del medio ambiente, produciendo al menor costo posible y mejorando la calidad de vida de los operarios y el personal de mantenimiento en cuanto a seguridad e higiene.

INTRODUCCION

A raíz de la alta competitividad del mercado, cada industria requiere realizar un mantenimiento adecuado a su proceso productivo de tal forma que sus costos de mantenimiento y la calidad de sus productos puedan competir en ese mercado, con rentabilidad.

Para llevar a cabo ese mantenimiento se debe tener en cuenta los aspectos relacionados con la organización de gestión, lo económico, la seguridad y el medio ambiente. La gestión de mantenimiento debe ser ahora flexible para poder cambiar lo más rápido posible como lo requieran los cambios continuos de tecnología y su crecimiento para poder optimizar su prestación de servicios.

La importancia del mantenimiento se basa en que cualquier máquina o equipo con el tiempo de operación, sufre desgastes y desajustes de partes perdiendo su capacidad de producción y requiriendo paradas no programadas de operación para su atención. Esto conlleva a que la máquina pierda su rendimiento y su vida útil disminuya. Además necesita de personal calificado para realizar su reparación y conservación.

Cuanto más automatizada sean las instalaciones de una fábrica, así como se necesita menos personal para operarla, requiere un buen sistema de mantenimiento para poder atender con éxito el número de averías por el aumento de equipos susceptibles de daño.

El mantenimiento de la incipiente industria era realizado por el operador de la máquina, ya que la técnica en ellas era muy incipiente y sencilla y las intervenciones por daño, se realizaban una vez ocurrida la avería o antes de producirse, pero a medida que fue creciendo la complejidad de las técnicas aplicadas a las máquinas, el mantenimiento requirió de especialistas o talleres especializados. Con el tiempo estos talleres se integraron a la organización de la empresa y las comenzó la diferenciación entre el operador del proceso y el ejecutor del mantenimiento.

Esto último llevó a que el mantenimiento como parte de la estructura de una empresa, se desarrollara en forma de gestión, estudiando las horas de disponibilidad de una máquina (confiabilidad), el análisis de falla de las máquinas y sus componentes, la diferenciación entre especialista mecánico y eléctrico fundamentalmente.

Además hay que agregarle a todo lo anterior, que el mantenimiento está muy ligado con la prevención de accidentes y lecciones de los trabajadores (seguridad) y la conservación del medio ambiente.

En la actualidad el mantenimiento su organización y manejo de la información está encaminado a la consecución de los siguientes objetivos:

- Optimización de la confiabilidad de los equipos.
- Disminución de los costos del mantenimiento.
- Optimización del recurso humano.
- Maximización de la vida útil de la máquina.
- Velar por la prevención de accidentes de los trabajadores.
- Conservar el medio ambiente evitando contaminaciones lamentables.

1. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO

1.1. EL PORQUÉ DEL MANTENIMIENTO

El Mantenimiento tiene como fin conservar todos los bienes que están comprometidos en la cadena del sistema productivo de una industria, directa e indirectamente en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.

Mantenimiento no sólo deberá mantener las máquinas sino también las instalaciones de: iluminación, redes de computación, sistemas de energía eléctrica, aire comprimido, agua, aire acondicionado, calles internas, pisos, depósitos, zonas verdes, etc.

Debe coordinar con recursos humanos un plan para la capacitación continua del personal para mantener al personal actualizado en las nuevas tecnologías implementadas en las máquinas o en la gestión del mantenimiento.

Debe coordinar con Salud Ocupacional las capacitaciones y entrenamientos del personal de mantenimiento y operativo en las normas de seguridad.

1.2. EL FIN DEL MANTENIMIENTO

Hoy las industrias, bajo la creciente presión de la competencia, se encuentran obligadas a alcanzar altos valores de producción con exigentes niveles de calidad cumpliendo con los plazos de entrega. Radica justamente aquí la importancia del mantenimiento.

Luego la finalidad del mantenimiento es conseguir el máximo nivel de eficiencia (efectividad más eficacia) en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios, ocasionando la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad al personal operativo y produciendo al menor costo posible.

Todo lo anterior debe llevar a conservar el sistema de producción y servicios funcionando con el mejor nivel de confiabilidad, reduciendo la frecuencia y gravedad de las fallas, aplicando las normas de higiene y seguridad del trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, controlar, y por último reducir los costos a su mínima expresión.

1.3. VARIABLES DEL MANTENIMIENTO

Analizaremos las distintas variables que repercuten en el desempeño de los sistemas.

Así, puedo mencionar:

- **La confiabilidad** encierra tres conceptos:
 - La fiabilidad
 - La disponibilidad
 - La mantenibilidad
- **La calidad.**
- **La seguridad.**
- **El costo**
- **Entrega a tiempo.**

Vamos a definir cada una de estas variables mencionadas.

La **confiabilidad** es la probabilidad de que las máquinas, equipos e instalaciones, estén en capacidad de producir satisfactoriamente sin fallar, durante el período que están programadas para producir, bajo condiciones establecidas con anterioridad.

La confiabilidad implica la **fiabilidad**, que es la probabilidad de que las máquinas, equipos e instalaciones se desempeñen satisfactoriamente, es decir sin falla durante el tiempo programado y bajo condiciones específicas.

Recordemos que la probabilidad puede variar entre 0 % (indica la certeza de falla) y 100 % (indica la certeza de buen desempeño).

La probabilidad de falla está necesariamente unida a la fiabilidad. El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los sistemas, para ello se utiliza lo que denominamos la tasa de falla, que es el cociente del número de fallas sobre el total de horas de operación del equipo.

La **disponibilidad** es la proporción de tiempo durante la cual la máquina, el equipo y las instalaciones estuvieron en condiciones de ser usados en forma productiva.

La disponibilidad depende de:

- La frecuencia de las fallas.
- El tiempo que nos demande poner la máquina, equipo o instalaciones en servicio.

La **mantenibilidad**, es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, con su mantenimiento realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.

La mantenibilidad es la cualidad que caracteriza una máquina, equipo o sistema en cuanto a su facilidad a realizarle mantenimiento, depende del diseño y pueden ser expresados en términos de frecuencia, duración y costo.

La **calidad** ocupa un lugar primordial. El mantenimiento debe tratar de evitar las fallas, **reestablecer el sistema lo más rápido posible**, dejándolo **en condiciones óptimas de operar a los niveles de producción y calidad exigida**.

La **seguridad**, está referida al personal, instalaciones, equipos, sistemas y máquinas, no puede ni debe dejársela a un costado, con miras a dar cumplimiento a demandas pactadas.

La competencia nos obliga a bajar permanentemente los precios, por lo que se deben optimizar los procesos.

El **tiempo de entrega y el cumplimiento de los plazos** previstos son variables que tienen su importancia, en el mantenimiento, el tiempo es un factor preeminente.

1.3.1. Fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad. En el siguiente figura 1. Se muestra la relación entre estas variables

Estos tres conceptos se pueden enfocar de forma provisional (antes del uso) o de manera operacional (durante o después del uso).

Las tres funciones precedentes, llamadas respectivamente $R(t)$, $M(t)$, $D(t)$, son funciones de tiempo.

1.4. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área. Estos objetivos serán los que mencionamos a continuación:

Máxima producción:

Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.

Reparar las averías en el menor tiempo posible.

Mínimo costo:

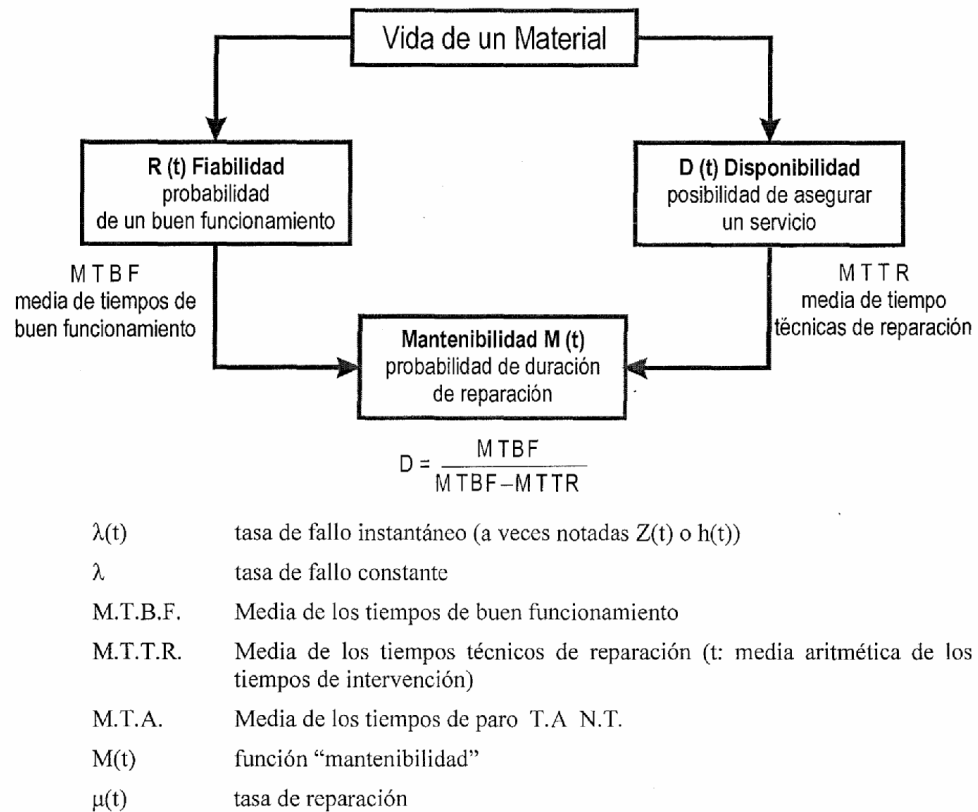
Reducir a su mínima expresión las fallas.

Aumentar la vida útil de las máquinas e instalaciones.

Manejo óptimo de stock.

Manejarse dentro de costos anuales regulares.

Figura 1. Relación entre fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad



Calidad requerida:

Cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida. Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones. Eliminar las averías que afecten la calidad del producto.

Conservación de la energía:

Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.
 Eliminar paros y puestas de marcha continuos.
 Controlar el rendimiento de los equipos

Conservación del medio ambiente:

Mantener las protecciones en aquellos equipos que pueden producir fugas contaminantes.
 Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones.

Higiene y seguridad:

Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes.
Adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes.
Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

Implicación del personal:

Obtener la participación del personal para poder implementar el TPM. Implicar a los trabajadores en las técnicas de calidad.

1.5 LAS FALLAS

Toda instalación destinada a producir un bien o un servicio, debe ser mantenida en condiciones que le permitan seguir en funcionamiento, logrando un producto de determinada calidad, y a un costo lo más bajo posible. Quien se dedique al mantenimiento de cualquier tipo de instalación debe ofrecer la reparación de los desperfectos que surjan y las modificaciones necesarias para que estos no aparezcan.

Para lanzar un nuevo producto se hacen los estudios de mercado (clientes y sus preferencias) y también se estudia el proceso productivo más adecuado. Mantenimiento debe conocer las posibles averías que se pueden producir en las instalaciones, máquinas o equipos y estudiar los procesos para evitarlas o, si es necesario, repararlas.

No podemos conformarnos con detectar una falla y repararla, lo importante es descubrir el origen del desperfecto y prever que no se repita en el futuro. Es una tarea de aprendizaje, utilizando la experiencia propia y ajena, que nos va permitiendo predecir cualquier inconveniente en la producción.

Se define la falla como:

El deterioro o desperfecto de las instalaciones, máquinas o equipos que no permiten el buen funcionamiento.

La experiencia nos demuestra que no existen instalaciones, máquinas o equipos que estén libres de fallas a lo largo de su vida útil, y que con una adecuada gestión de mantenimiento es posible reducir a un mínimo los perjuicios que ocasiona algún desperfecto.

En la industria se suele considerar como “avería” a cualquier anomalía que impida mantener los niveles de producción. Pero el concepto es aún más amplio y debe tener en cuenta la falta de calidad del producto, la falta de seguridad, el mal aprovechamiento de la energía disponible y la contaminación ambiental.

Las instalaciones, máquinas o equipos son diseñados para alcanzar ciertos niveles de producción, y también deben entregar un producto con una calidad esperada. Cualquier circunstancia que haga descender el nivel de calidad debe ser considerada también una avería.

Es importante tener en cuenta que si el estado de algún equipo pone en riesgo la seguridad de personas o el buen funcionamiento de la instalación, también estamos ante una falla.

El ambiente es esencial para cualquier actividad humana, y mantenerlo descontaminado debe ser un objetivo que en un proceso de fabricación no se puede perder de vista.

Es por ello que consideraremos también una avería a cualquier polución que de alguna manera ponga en peligro el normal desarrollo de la vida humana. Es responsabilidad de quien realice el mantenimiento de una instalación asegurar que éstas cumplan con las normativas vigentes destinadas a proteger el ambiente.

Todo lo dicho anteriormente completa y ayuda a comprender mejor la definición de una avería o falla. El normal funcionamiento de una instalación implica mantener el nivel productivo, la calidad del producto, la seguridad de las personas y la calidad del medio ambiente.

1.5.1. Clasificación de las fallas. Los distintos aspectos que una actividad productiva implica, nos permiten clasificar las fallas de la siguiente manera:

- Fallas que afectan a la producción.
- Fallas que afectan a la calidad del producto.
- Fallas que comprometen la seguridad de las personas.
- Fallas que degradan el ambiente.

Las dos primeras afectan directamente al producto sea en su cantidad y/o calidad, las otras dos afectan al entorno.

En la realidad se producen fallas que combinan algunos de los casos de ésta primera clasificación, y también se pueden hacer muchas otras clasificaciones si tomamos diferentes conceptos como parámetro.

Para comenzar trataremos de analizar el origen de las fallas:

- Mal diseño o error de cálculo en las máquinas o equipos: Se dan casos en que el propio fabricante, por desconocer las condiciones en que trabajará, realiza un diseño no adecuado de estas máquinas o equipos. Se puede estimar éste error

en un 12 % del total de las fallas. Este tipo de situación es muy difícil de revertir, y es probable que tengamos que asumir un alto índice de desperfectos.

- Defectos de fabricación de las instalaciones, máquinas o equipos: Si en la fabricación se descuida el control de la calidad de los materiales, o de los procesos de fabricación de las piezas componentes, las máquinas e instalaciones pueden poseer defectos que se subsanan reemplazando la pieza defectuosa. Este tipo de error se puede encontrar en un 10, 45 % del total de las fallas.
- Mal uso de las instalaciones, máquinas o equipos: Es la más frecuente de los casos de fallas, y se producen por falta de conocimiento del modo de operarlas, o por usarlas para realizar trabajos para los cuales no fueron diseñadas. Alcanzan al 40 % del total de las fallas.
- Desgaste natural o envejecimiento por el uso: Debido al paso del tiempo y al trabajo cotidiano de las instalaciones, máquinas o equipos estos alcanzan niveles de desgaste, de abrasión, de corrosión, etc. A este tipo de falla la estimamos en el 10,45 %.
- Fenómenos naturales y otras causas: Las condiciones atmosféricas pueden influir en el normal funcionamiento de las instalaciones, máquinas o equipos, y junto con otro tipo de fallas pueden ocasionar roturas y paradas espurias de la producción. Las suponemos en un 27 % de las fallas totales.

Esta clasificación es importante desde el punto de vista de la producción, desde la perspectiva del mantenimiento, pueden ser interesantes otros tipos de clasificaciones.

Una de esas clasificaciones son aquellas que se hacen:

- En función de la capacidad de trabajo de la instalación
- En función de la forma de aparecer la falla.

En función de la capacidad de trabajo, podemos distinguir, a su vez, averías totales y fallas parciales. Las totales son aquellas que ponen fuera de servicio a todo el equipo y las parciales sólo a una parte de él. Dependiendo, la aparición de una o de otra, de la organización de la producción (en paralelo o en serie), y del grado de complejidad de la instalación.

Cuando en un motor encendido por chispa se avería la bobina encargada de elevar la tensión que alimenta a la bujía, estamos ante una falla total, porque el motor no puede seguir funcionando y es imprescindible reemplazar el elemento para que el sistema pueda seguir operando. Si la falla fuera sólo en una bujía, el motor podría seguir entregando energía, aunque no con la potencia normal,

porque los otros cilindros que funcionan en paralelo, siguen en marcha, en este caso estamos ante una falla parcial.

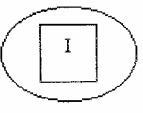
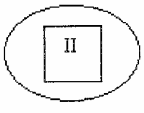
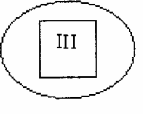
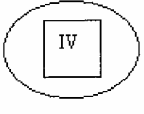
Según la forma en que aparece el problema se pueden encontrar fallas repentinas y fallas progresivas.

Las repentinas aparecen sin mediar un evento que pudiera anunciar la aparición de una falla, están asociadas a roturas de piezas o componentes de la instalación antes de lo previsto, o a una suma de circunstancias que no se pueden predecir. Las progresivas tienen generalmente su origen en el desgaste paulatino de algún elemento, en la abrasión, en la falta de ajuste, etc. Este tipo de falla da muchas señales antes de producirse, avisan la proximidad de una avería, y con un seguimiento se puede determinar con mucha exactitud el momento en que se producirá el desperfecto.

Siguiendo con el ejemplo del motor de combustión interna una falla repentina sería la rotura de la tapa del distribuidor, y una falla progresiva cuando se desgasta el platino. Esta es una falla que se puede detectar mucho antes de que se produzca inspeccionando el desgaste que presenta el platino, además se puede estimar la duración del elemento y programar su recambio antes de que su estado pueda ocasionar algún inconveniente.

En una figura de cuatro cuadrantes podemos combinar estas dos clasificaciones.

Figura 2. Clasificaciones de fallas

		Capacidad de trabajo	
		Parcial	Total
Forma de aparecer	progresiva		
	repentina		

En el primer cuadrante ubicamos aquellas fallas que aparecen progresivamente y que no afectan a la línea de producción completa. En principio este tipo de avería es la más leve, porque con un seguimiento se puede detectar y corregir el problema antes de que se extienda a otros sectores de la instalación. Por las características del desperfecto contamos con un cierto tiempo para encontrar la

solución, pero este tiempo no se debe extender mucho porque las consecuencias pueden ser cada vez peores.

En el segundo cuadrante colocamos las fallas que si bien son progresivas afectan a la instalación entera. Son más serias que las anteriores y requieren un tratamiento más urgente. En los cuadrantes siguientes, el III y el IV, va creciendo el grado de dificultad para detectar y remediar el desperfecto, como así también la urgencia con que debe ser abordado y terminado el problema.

Son muy útiles también otros tipos de clasificación de las fallas, como por ejemplo:

- Aquella que las distingue según la técnica que debemos aplicar para subsanarla, eléctrica, mecánica, instrumental, electrónica, etc.
- La que toma en cuenta si la originó otro fallo o no, distinguiendo así fallas dependientes o independientes.
- bien según el tiempo que dura la falla, se clasifica en continua, intermitente o errática.

1.6. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS FALLAS

Es importante identificar las fallas para luego poder encarar su análisis y en base a esto solucionar los problemas, no siempre es fácil realizar ésta tarea por lo que se han desarrollado numerosas técnicas para identificar y analizar las fallas. Estas técnicas no sólo se aplican en mantenimiento, son también de utilidad para los diversos aspectos donde se implementa el mejoramiento continuo:

Calidad de procesos, diseño y desarrollo de productos, control de inventarios, etc. Por la facilidad de uso y funcionalidad, las técnicas gráficas son las más difundidas.

Normalmente el estudio de las fallas requiere de la identificación y análisis del problema. A continuación se desarrollan los métodos que pueden ser utilizados para tal fin.

1.6.1. Análisis de la prioridad de reparación

Para establecer la importancia entre los diferentes equipos y poder determinar la prioridad que será requerida por cada máquina, es conveniente estudiar cada equipo con respecto al conjunto de instalaciones con que cuenta la empresa.

Este análisis conviene realizarlo según los siguientes factores:

- Producción,
- Calidad,
- Mantenimiento,
- Medio ambiente

- Seguridad.

Influencia sobre Producción:

- Porcentaje de tiempo de uso del equipo.
- Equipo duplicado o posibilidad de recuperar la producción con otro equipo.
- Influencia sobre los otros elementos productivos.

Importancia sobre la Calidad:

- Pérdidas por no cumplir requisitos de calidad.
- Influencia del equipo en la calidad final del producto.

Influencia sobre el Mantenimiento:

- Frecuencia o costo de las averías.
- Número de horas paradas por mes.
- Grado de especialización del equipo y personal para atenderlo.

Importancia sobre Costos de Mantenimiento.

Estos valores dependerán del tipo de maquinaria de la planta.

Según Medio Ambiente:

- Influencia importante.
- Influencia relativa.

Según la seguridad:

- Riesgo de las personas. Riesgo de los equipos.

1.6.2. Procedimientos para analizar los problemas. Antes de investigar un problema, es fundamental asegurarse de que se lo comprende perfectamente. Esto supone definir los síntomas del problema y comprender el proceso que lo provoca, así se evita desperdiciar esfuerzos innecesariamente. Cuando se comprende y define un problema se ha avanzado bastante en su resolución.

El Diagrama de Pareto

Frecuentemente el personal técnico de mantenimiento y producción debe enfrentarse a problemas que tienen varias causas o son la suma de varios problemas. El Diagrama de Pareto permite seleccionar por orden de importancia y magnitud, las causas o problemas que se deben investigar hasta llegar a conclusiones que permitan eliminarlos de raíz.

La mayoría de los problemas son producidos por un número pequeño de causas, y estas son las que interesan descubrir y eliminar para lograr un gran efecto de mejora. A estas pocas causas que son las responsables de la mayor parte del problema se las conoce como causas vitales. Las causas que no aportan en magnitud o en valor al problema, se las conoce como causas triviales.

Las causas triviales aunque no aporten un valor a la mejora, no significan que se deban dejar de lado o descuidarlas. Se trata de ir eliminando en forma progresiva las causas vitales. Una vez eliminadas éstas, es posible que las causas triviales se lleguen a transformar en vitales.

El Diagrama de Pareto es un instrumento que permite graficar por orden de importancia, el grado de contribución de las causas que estamos analizando o el conjunto de problemas que queremos estudiar. Se trata de clasificar los problemas y/o causas en vitales y triviales. Ver figura siguiente.

Figura 3. Paretos comparativos

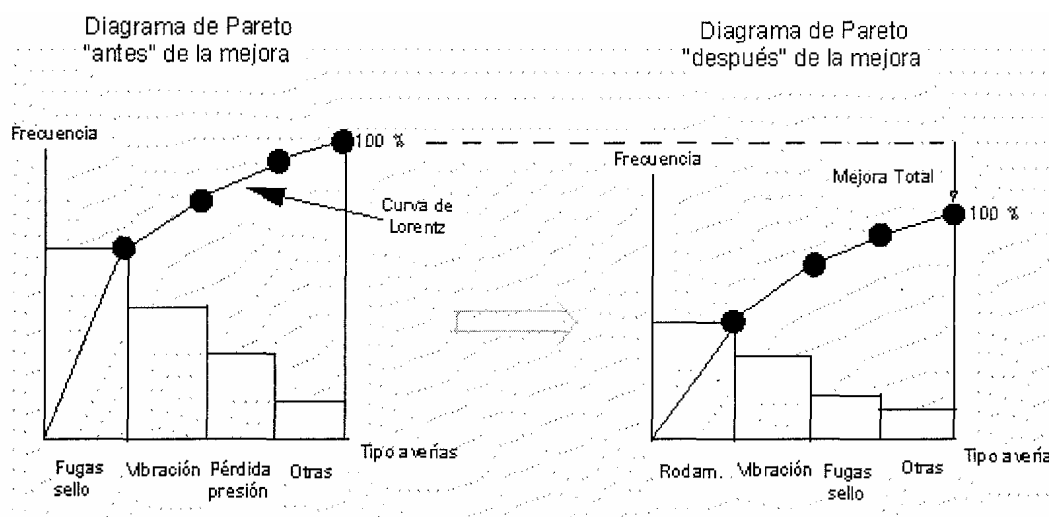


Diagrama Pareto comparativo antes y después de la mejora

Para construir el diagrama de Pareto se pueden seguir los siguientes pasos:

Paso 1

En el primer paso se decide la clase de problema que será investigado. Se define el cubrimiento del análisis, si se realiza a una máquina completa, una línea o un sistema de cierto equipo. Se decide que datos serán necesarios y la forma de clasificarlos. Este punto es fundamental, ya que se pretende preparar la información para facilitar su estratificación posterior.

Paso 2

Preparar una hoja de recogida de datos. Si la empresa posee un programa informático para la gestión de los datos, se preparará un plan para realizar las búsquedas y la clasificación de la información que se desea. Es en este punto cuando se puede realizar la estratificación de la información sugerida anteriormente.

Paso 3

Clasificar en orden de magnitud la información obtenida. Se recomienda indicar con letras (A, B, C,...) los temas que se han ordenado.

Paso 4

Dibujar dos ejes verticales (izquierdo y derecho) y otro horizontal.

(1) Eje vertical.

- En el eje vertical a la izquierda se marca una escala desde O hasta el total acumulado.
- En el eje vertical de la derecha se marca una escala desde O hasta 100%.

(2) Eje horizontal.

Se divide este eje en un número de intervalos de acuerdo al número de clasificaciones que se pretende realizar. Es allí donde se escribirá el tipo de avería que se ha presentado en el equipo que se estudia.

Paso 5

Construir el diagrama de barras.

Paso 6

Marcar con un punto los porcentajes acumulados y unir comenzando desde cero cada uno de estos puntos con líneas rectas obteniendo como resultado la curva acumulada. A esta curva se le conoce como la curva de Lorentz.

Paso 7

Escribir notas de información del diagrama como título, unidades, nombre de la persona que elaboró el diagrama, período comprendido y número total de datos.

RESUMIENDO

Un diagrama de Pareto es el primer paso para eliminar las averías importantes del equipo. En todo estudio los siguientes aspectos se deben tener en cuenta:

- Toda persona involucrada deberá colaborar activamente.
- Concentrarse en la variable que mayor impacto produzca en la mejora.
- Establecer una meta para la mejora.

Con la cooperación de todos se podrán obtener excelentes resultados. Uno de los objetivos del Diagrama de Pareto es el de mostrar a todas las personas, las áreas prioritarias en que se deben concentrar todas las actividades y el esfuerzo del equipo.

El Diagrama de Pareto presenta claramente la magnitud relativa de los problemas y suministra a los técnicos una base de conocimiento común sobre la cual trabajar. Una sola mirada basta para detectar cuales son las barras del diagrama que componen el mayor porcentaje de los problemas. La experiencia demuestra que es más fácil reducir a la mitad una barra alta, que reducir una barra de poca altura a cero.

Para aclarar analicemos un ejemplo.

Se supone que en un departamento de montaje en una industria se producen determinadas fallas. Se aplicará el diagrama de Pareto con las siguientes fases.

Paso 1: Decidir cómo clasificar los datos

Se pueden clasificar por tipo de problema, por cadena de montaje, por turno de trabajo, por fase de trabajo, etc. Se establece por tipo de problema.

Paso 2: Elegir el período de observación.

En el caso del ejemplo dependerá de la cantidad de productos fabricados. Si la cantidad diaria es elevada, será suficiente un período breve, por el contrario, cuando la producción es reducida será necesario un período más prolongado. Se decide realizar el relevamiento por 3 meses.

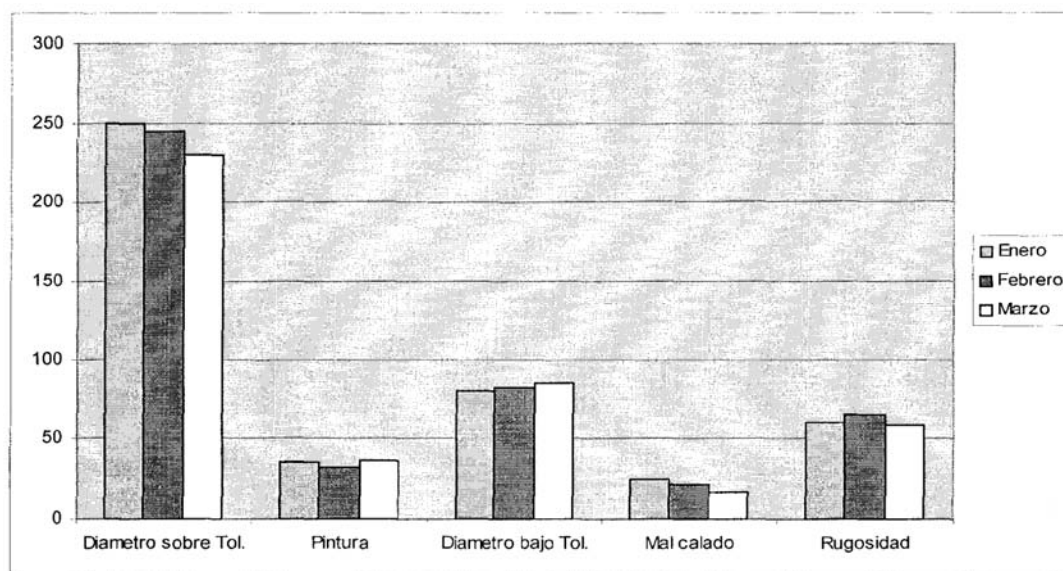
Paso 3: Obtener los datos y ordenarlos.

En ésta fase se tendrá que preparar una hoja para recoger los datos según las pautas establecidas en las fases precedentes: tipo de problema y un período de 3 meses

Tabla 1. Datos obtenidos y su frecuencia en meses

TABLA					
Num.	Defecto	Meses			Total
		Enero	Febrero	Marzo	
1	Diámetro sobre Tol.	250	245	230	725
2	Pintura	36	33	37	106
3	Diámetro bajo Tol.	80	82	85	247
4	Mal calado	25	22	17	64
5	Rugosidad	60	65	58	183
TOTAL					1325

Figura 4. Datos obtenidos y su frecuencia



A continuación se procede a ordenar los conceptos por orden de importancia en una tabla como se muestra en la figura, el defecto más numeroso se dispone en primer lugar, en segundo lugar el defecto que le sigue por orden de frecuencia, y así sucesivamente, etc.

En la última columna se indica la cantidad total de problemas.

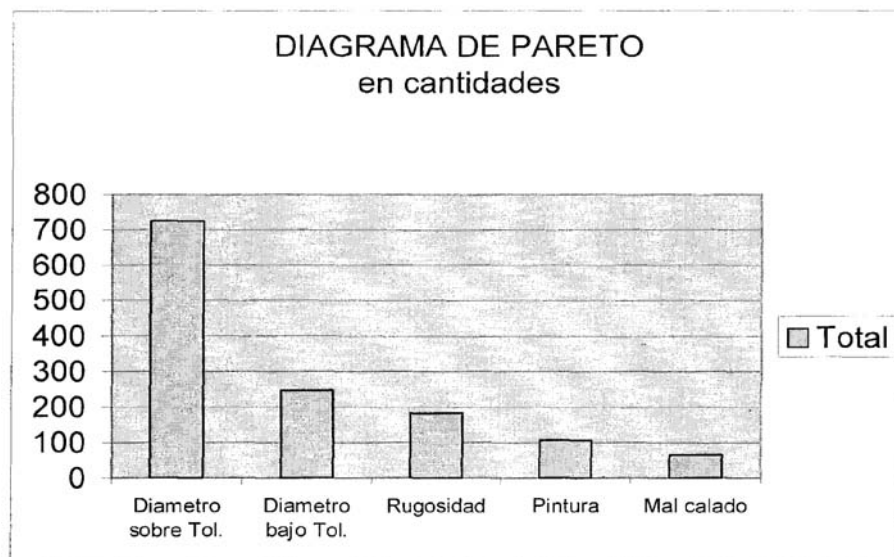
Tabla 2. Total de defectos ocurridos

TABLA		
Num.	Defecto	Total
1	Diámetro sobre Tol.	725
3	Diámetro bajo Tol.	247
5	Rugosidad	183
2	Pintura	106
4	Mal calado	64
TOTAL		1325

Paso 4: Preparar los ejes cartesianos para el diagrama.

En el eje X se dispondrán los tipos de defectos y en el Y las cantidades de defectos. Se pueden graficar los problemas según las cantidades o en función de los porcentajes con respecto al total de problemas.

Figura 5. Diagrama de pareto en cantidades



Los defectos se ordenan en forma similar a la tabla, en orden de mayor a menor frecuencia. Para definir la escala del eje Y, se tiene que considerar que el valor más grande corresponde al primer defecto, según lo determinado, y será la base para la escala de valores absolutos o porcentual. El eje X se divide

proporcionalmente según la cantidad de grupos de problemas a graficar, en el ejemplo son 5 grupos.

Paso 5: Diseñar el diagrama.

Se procede a representar en escala, con bastones los valores absolutos y/o porcentuales que se han determinado en la tabla.

Otra forma de visualizar los problemas es proceder a ordenar también los conceptos por orden de importancia en una tabla y en la última columna se indica la cantidad en porcentaje.

Tabla 3. Porcentaje de ocurrencias de falla

TABLA		
Num.	Defecto	%
1	Diámetro sobre Tol.	54,72
3	Diámetro bajo Tol.	18,64
5	Rugosidad	13,81
2	Pintura	8,00
4	Mal calado	4,83
TOTAL		100

Figura 6. Diagrama de pareto en porcentaje

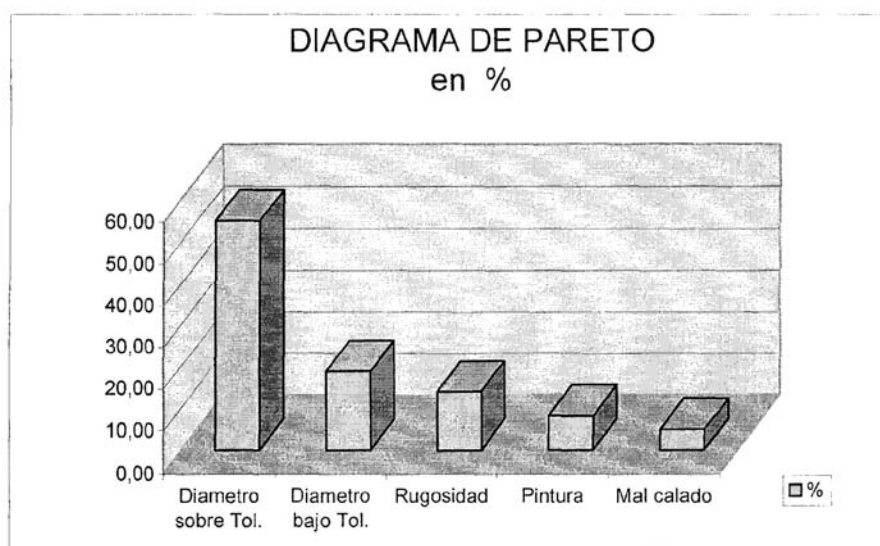


Figura 7. Diagrama pastel de ocurrencias

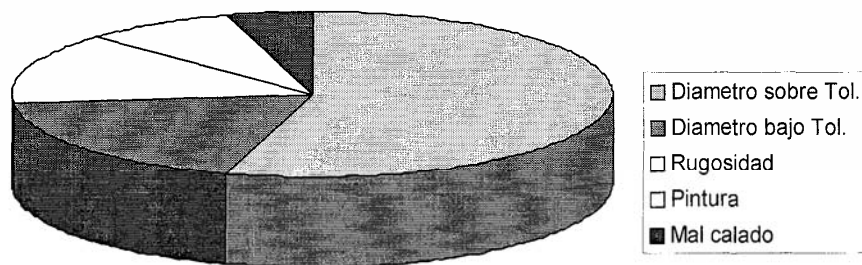


Tabla 4. Ocurrencias de fallas acumulativas

TABLA		
Num.	Defecto	Acumulativo
1	Diámetro sobre Tol.	4,83%
3	Diámetro bajo Tol.	12,83%
5	Rugosidad	26,64%
2	Pintura	45,28%
4	Mal calado	100,00%

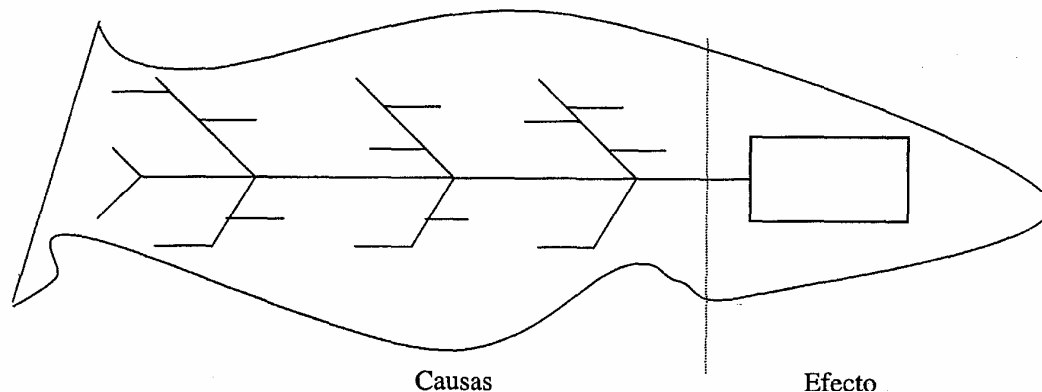
EL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

Este diagrama se utiliza para representar la relación entre algún efecto y todas las causas posibles que lo pueden originar.

Todo tipo de problema, como el funcionamiento de un motor o una lámpara que no enciende, puede ser sometido a éste tipo de análisis.

Generalmente, se lo presenta con la forma del espinazo de un pez, de donde toma el nombre alternativo de Diagrama de espina de pescado. También se lo llama como Diagrama de Ishikawa que es quién lo impulsó.

Figura 8. Diagrama de causa y efecto



Los diagramas de causa efecto se construyen para ilustrar con claridad cuáles son las posibles causas que producen el problema. Un eje central se dirige al efecto.

Sobre el eje se disponen las posibles causas. El análisis causa-efecto, es el proceso mediante el cual se parte de una definición precisa del efecto que se desea estudiar.

Posteriormente, se disponen todas las causas que pueden provocar el efecto. A las causas conviene agruparlas por tipos, al modo de ejemplo las originadas por motivos eléctricos, otras por elementos mecánicos, hidráulicos, etc. Cada grupo se dispone en un subeje.

El análisis causa-efecto puede dividirse en tres etapas:

- Definición del efecto que se desea estudiar.
- Construcción del diagrama causa-efecto.
- Análisis causa-efecto del diagrama construido.

La definición del efecto que se desea estudiar representa la base de un eficaz análisis.

Efectivamente, siempre es necesario efectuar una precisa definición del efecto objeto de estudio. Cuanto más definido se encuentre éste, tanto más directo y eficaz podrá ser el análisis de las causas. Así si el motor del automóvil no arranca, ¿cuáles pueden ser las causas de la falta de arranque? Evidentemente, las causas posibles pueden ser múltiples.

Si se definiera el efecto como, el motor no arranca cuando esta muy frío y el vehículo se encuentran a la intemperie, en este caso el análisis será más preciso y

estamos eliminando una serie de causas que no corresponden a la situación del vehículo. Invertiendo el razonamiento se puede decir que cuando más indefinido se exprese el efecto que se desea estudiar, tanto más amplio e indeterminado será el diagrama causa-efecto y por lo tanto, más vago y de mayor complejidad el análisis y resolución del problema.

Cuando se tiene bien definido el efecto que se desea estudiar, se puede proceder a las dos fases sucesivas si se tiene la prudencia de separar la fase segunda - construcción del diagrama- de la fase tercera -análisis y valoración de las diversas causas-.

De este modo es posible garantizar que la definición de las posibles causas sea innovadora y creativa, mientras que el análisis crítico de las causas debe ser lo más realista posible. En realidad cuanto más ideas y sugerencias contenga el diagrama causa-efecto, tanto más eficaz será para la determinación de la causa o las causas (ya que el problema puede ser originado por más de una).

CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

La construcción del diagrama causa-efecto se inicia escribiendo el efecto que se desea estudiar en el lado derecho de una hoja de papel. A ello debe seguir la búsqueda de todas las posibles causas que sobre él influyen.

Para esa búsqueda se pueden seguir tres métodos, que se diferencian por la forma en que se realizan. Son los siguientes:

- Método por Clasificación de las Causas.
- Método por Fases del Proceso.
- Método por Enumeración de las Causas.

Figura 9. Ejemplo diagrama causa y efecto

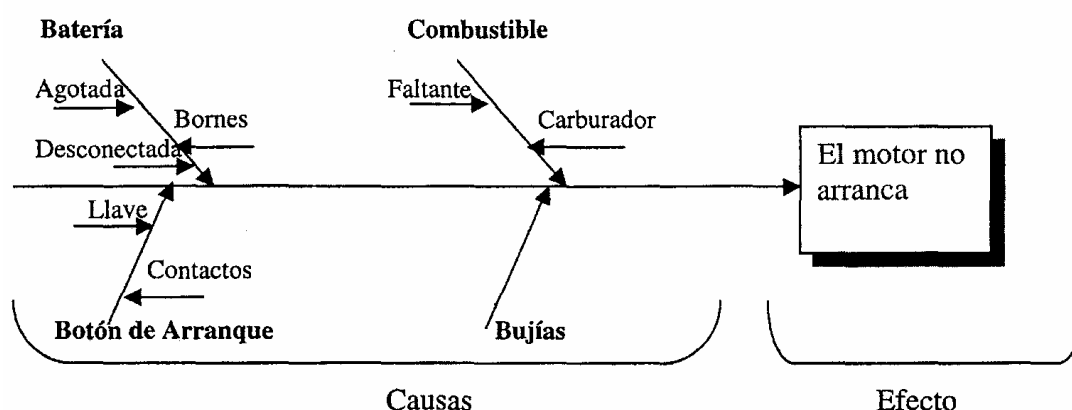
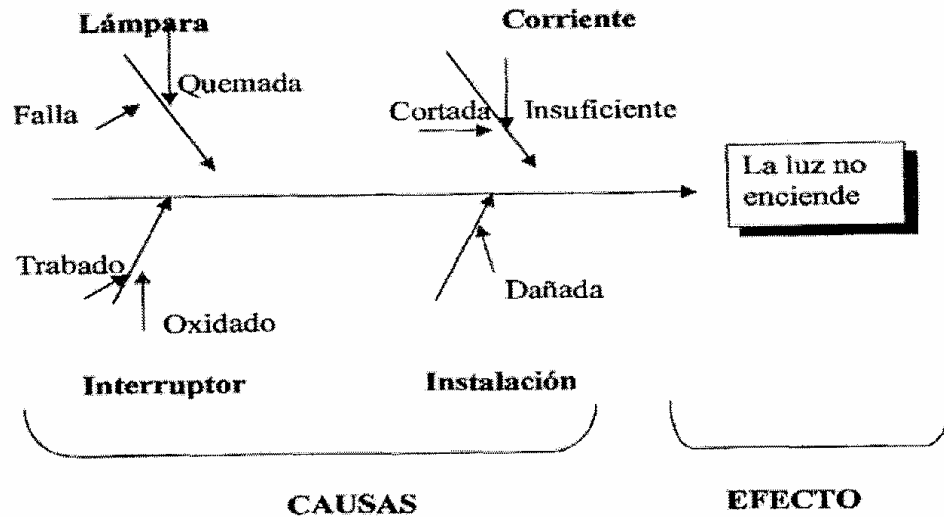


Figura 10. Ejemplo diagrama causa y efecto



MÉTODO DE LAS 5 M

Conforme al presente método se procede a analizar el problema y a definir las posibles causas, generalmente este proceso se realiza con el grupo de trabajo encargado de la resolución del problema.

Para la aplicación de este método se sigue un orden para considerar las causas de los problemas, partiendo de la premisa que estas, están agrupadas según cinco criterios y por ello se denomina de las 5 M.

Las M corresponden a:

- Máquinas
- Mano de Obra
- Métodos
- Materiales
- Medio Ambiente

Las 5 M suelen ser generalmente un punto de referencia que abarca casi todas las principales causas de un problema, por lo que constituyen los brazos principales del diagrama causa-efecto.

ESTRUCTURA BÁSICA DE LAS 5 M

A continuación se puede proceder una “Lluvia o Tormenta de Ideas” - Brainstorming-, que consiste en generar tantas ideas como sea posible dejando

que el pensamiento creativo de cada persona del grupo las exponga libremente.

Las subdivisiones en base a las 5 M, además de organizar las ideas, estimulan la creatividad. En ésta fase quienes intervienen deben liberarse de preconceptos, en caso contrario se puede condicionar la búsqueda a las soluciones que ya se han propuesto o probado y que no han aportado la solución. Las causas sugeridas se incluyen situándolas en el brazo correspondiente. En el ejemplo se ilustra con algunas de las posibles causas en forma genérica.

Figura 11. Esquema general de las 5m

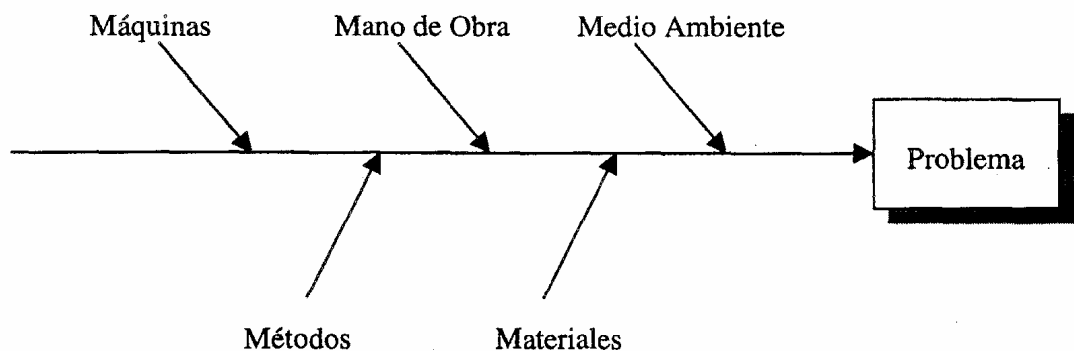
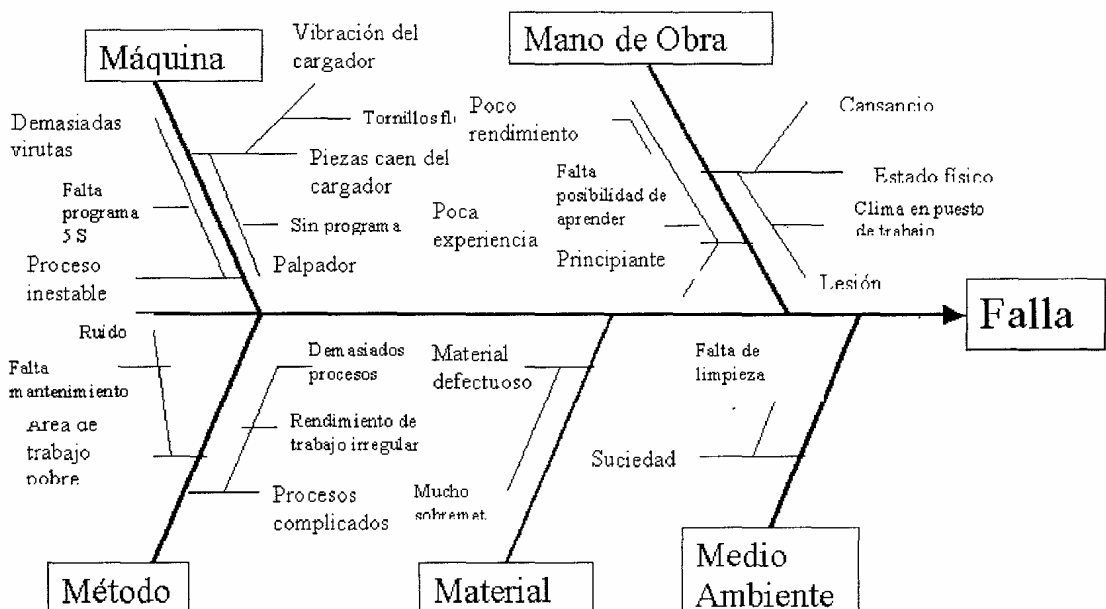


Figura 12. Ejemplo de esquema de las 5m



MÉTODO BRAINSTORMING

Este método Brainstorming que traducido a nuestro idioma significa “Tormenta de Ideas” consiste básicamente en que todos los participantes expongan sus ideas, que las mismas sean anotadas, luego comentadas, para finalmente llegar a conclusiones.

Para llevar a cabo ésta actividad es conveniente establecer un orden de prioridades, y seguir los siguientes pasos:

Nombrar a un moderador del grupo, quien debe asegurar que todos comprendan el problema. Será el encargado de observar que se anoten las ideas que se propongan en un lugar visible, preferentemente construyendo el diagrama.

- Antes de iniciar la propuesta de ideas, dar 5 a 6 minutos en silencio pensando en el problema en forma individual.
- Por turnos, cada miembro enuncia una idea. No se permiten comentarios ni críticas. En ésta etapa sólo pueden intervenir el encargado de anotar las ideas y a quien le corresponde el turno.
- Cuando alguno de los participantes no tenga idea para sugerir, el moderador esperará poco tiempo y pasará al turno de quien continúa. Cuando las ideas hayan comenzado a agotarse - aproximadamente a los 30 minutos-, el grupo analiza y discute las ideas anunciadas. Las ideas duplicadas o relacionadas se agrupan. Se pueden descartar las ideas que no tienen fundamento serio, siempre sin realizar críticas.
- De todas las ideas se analizan cuáles pueden ser las más probables. Se puede aplicar el diagrama de Pareto y sobre las causas que concentran la atención, realizar un relevamiento de datos.

En algunos casos la causa puede estar en más de alguna categoría, según la decisión del grupo se la dispone por mayoría en las distintas categorías o en la que se considere más indicada.

La revisión directa del diagrama puede impulsar al grupo a decidir una profundización de la investigación en un área determinada.

Las herramientas básicas para la resolución de problemas

Las herramientas básicas que más se utilizan para ayudar a definir un problema son las listas de comprobación y los diagramas de flujo.

Este tipo de consideraciones centra la atención sobre el problema, y contribuye a dar cohesión al grupo de trabajo.

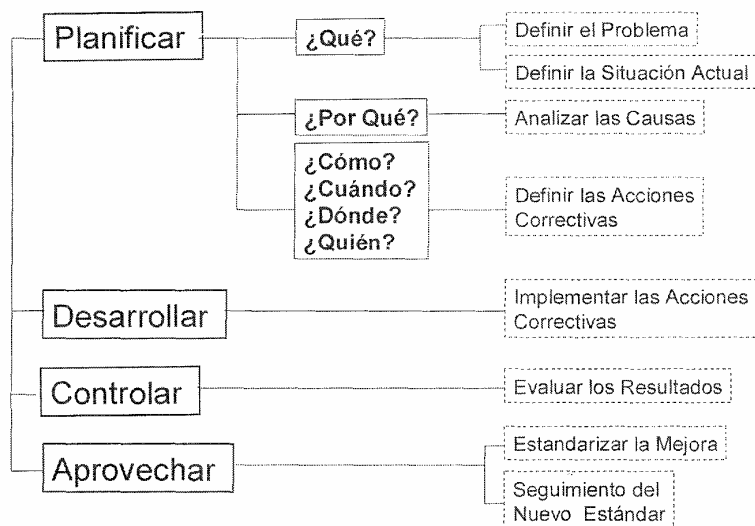
Tabla 5. Formulación de preguntas de la lista de comprobación

Lista de Comprobación

¿Qué?	¿Cuál es el problema? ¿Qué se ha observado?
¿Quién?	¿Quién interviene en el problema? ¿Quién está antes o después del problema en el flujo de trabajo?
¿Dónde?	¿Dónde se manifiesta? ¿Dónde se origina?
¿Cuándo?	¿En qué ocasión aparece? ¿En qué momentos y por cuánto tiempo?
¿Cómo?	¿Cómo se manifiesta? ¿Con cuánta frecuencia ocurre? ¿Cuál es la importancia del problema? ¿Cuál es la importancia en tiempo perdido? ¿Cuál es la importancia en costos? ¿Cuál es la importancia en cuanto a la frecuencia?
¿Por qué?	¿Por qué ocurre el problema? Pregunta clave que se debe responder.

Figura 13. Etapas del ciclo de progreso

Las 8 Etapas del Ciclo de Progreso



LOS DIAGRAMAS DE FLUJO

Estos diagramas aportan un medio para asegurar que se entienden todas las etapas del proceso y sus relaciones con la etapa siguiente. Constituye un dibujo que describe el proceso como una serie de actividades, cada una de las cuales

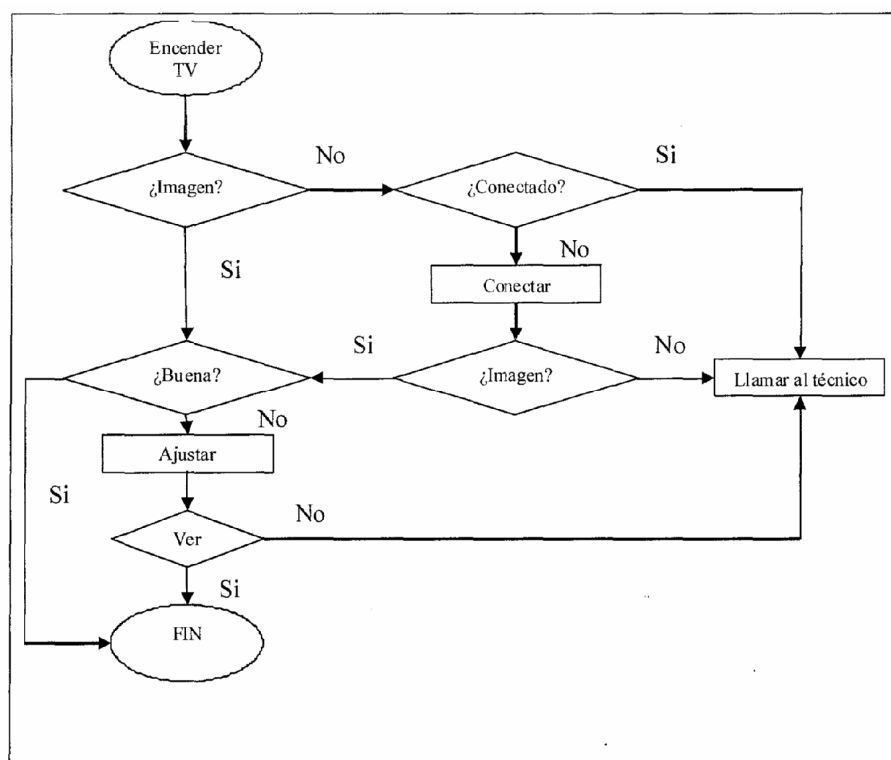
está vinculada con la siguiente. La causa del problema puede radicar en cualquiera o en varias de las actividades asociadas al proceso.

Es fundamental conocer las interacciones entre actividades antes de intentar buscar causas posibles del problema.

A continuación se señalan las siguientes etapas:

- Definir claramente los límites del proceso
- Utilizar los símbolos normalizados
- Asegurar que cada paso tenga una salida
- Cuando un proceso tiene más de una salida usar bloque de decisión. El siguiente diagrama ilustra un ejemplo sencillo.

Figura 14. Esquema de un diagrama de flujo



2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

2.1. CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Los tipos de mantenimiento se clasifican según se atiende a la falla o se anticipa a ella. A continuación veremos los tipos de mantenimiento.

2.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo consiste en reparar las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento.

El principal inconveniente con que nos encontramos en este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización.

Sus características son:

- Está basada en la intervención rápida, después de ocurrida la avería.
- Conlleva discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- Tiene un bajo nivel de organización.
- Se denomina también mantenimiento accidental.

Decimos que: **Mantenimiento correctivo** es la intervención necesaria para poder solucionar un defecto, o una falla ya ocurrida, en éste caso las instalaciones, máquinas o equipos operan con deficiencia o directamente no funcionan.

2.2.1. Procedimiento a seguir ante una rotura

- • Efectuar un diagnóstico para determinar cuales fueron los componentes dañados y cuales hay que cambiar.
- • Determinar el tiempo estimado de reparación y analizar si se pueden realizar reparaciones de emergencia para que la máquina, equipo o instalaciones, puedan seguir funcionando, a ritmo normal o a un ritmo inferior o disminuido.
- • Establecer la cantidad de operarios, medios y herramientas para repararla.

- Gestionar los repuestos si hubiese stock en la empresa o de lo contrario activar su compra o construcción.

El objetivo en toda empresa es llegar a disminuir al mínimo las intervenciones de mantenimiento correctivo, puesto que éste se realiza cuando la falla se produjo y generalmente se rompen más componentes que si hubiésemos detectado la falla con antelación. Una forma de lograr esto es implementar el Mantenimiento Preventivo, que veremos más adelante

2.2.2. Calculo de costos de mantenimiento correctivo. El costo directo asociado con cada tarea de mantenimiento correctivo, CTMC, está relacionado con el costo de los recursos de mantenimiento necesarios para la conclusión con éxito de la tarea. La expresión general del costo de cada tarea de mantenimiento correctivo tendrá la forma siguiente:

$$CTMC = CDMC + CLC$$

Donde:

CTMC: Costo total de la política de mantenimiento correctivo

CDMC: Costo directo de mantenimiento correctivo. –

CLC: Costo por lucro cesante A su vez se tiene:

$$CDMC = MODM + CR + CM + CH$$

Donde:

MODM: Es el costo de mano de obra de mantenimiento y surge de multiplicar el total de horas-hombre de mantenimiento correctivo por el costo unitario de la hora-hombre.

CR: Es el costo de repuestos utilizado en el momento de las reparaciones.

CM: Representa el costo de los materiales e insumos utilizados en mantenimiento.

CH: Indica el costo de herramental para mantenimiento.

Por otro lado se tiene que los costos por el lucro cesantes obtienen de la siguiente manera:

$$CLC = CO + CI + CDRP$$

Donde:

CLC: Costo por lucro cesante.

CO: Costo de oportunidad por hora, el cual se interpreta como la utilidad que se deja de percibir por no producir piezas. Este costo se estima por hora.

CI: Este costo es denominado costo por incumplimiento y representa el valor de la multa que el cliente cobra a la empresa por no suministrar las piezas, las cuales se deben reponer fuera de la línea de producción. El costo se calcula como la mano de obra necesaria para reponer las piezas fuera de la línea. Normalmente este costo asciende a un promedio de por hora de parada crítica (superior a una hora).

CDRP: Este término es denominado costo por deterioro de la producción, representa todas las erogaciones debido a materiales inmovilizados, personal en

espera, tiempos necesarios para retomar la marcha de la producción, piezas deterioradas, etc.

2.3. MANTENIMIENTO MODIFICATIVO

Con éste nombre se conocen las acciones que lleva a cabo en el mantenimiento, tanto para modificar las características de las instalaciones, máquinas o equipos, como para lograr de ésta forma una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos.

Este mantenimiento puede aparecer en tres épocas de la vida de estos componentes:

- • La primera es cuando se pone en funcionamiento por primera vez. Las instalaciones, sistemas, equipos y máquinas estándar, en ocasiones, necesitan ser adaptados a las necesidades propias de la empresa ya sea por razones del producto o bien por ajustar el costo o posibilidades de mantenimiento. Una instalación que tenga durante su diseño un análisis desde el punto de vista de mantenimiento, evitará problemas posteriores que, en ocasiones, pueden ser difíciles de solucionar. Estaríamos ante un mantenimiento de proyecto.
- • La segunda época en la que puede aparecer es durante su vida útil. Se trata de modificar las instalaciones, máquinas o equipos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallas. El análisis de las causas de las averías es el origen de éste tipo de mantenimiento y supone la eliminación total de ciertas fallas, es prevención del mantenimiento.
- • Por último éste mantenimiento se utiliza cuando una máquina entra en la época de vejez. En ésta ocasión se lo trata de reconstruir para asegurar su utilización durante un intervalo de tiempo posterior a su vida útil. Es en éste momento cuando se introducen todas las mejoras posibles tanto para producción como para mantenimiento.

Este mantenimiento también tiene como objetivo el de realizar una reforma parcial en una máquina, equipo o sistema con el fin de obtener un mejor rendimiento de la misma de acuerdo a los requerimientos del tipo de trabajo que se desea realizar, o bien para obtener un beneficio en la rapidez de reparación.

Cabe destacar que éste tipo de mantenimiento va de la mano con la fiabilidad de las máquinas, ya que cuando se realiza la mejora, se está buscando una máquina más confiable y adaptable a la operación que realiza.

Este tipo de mantenimiento debe ser regulado y adaptado a cada realidad industrial para poder identificar el área de prioridad.

Uno de los motivos por el cual no es muy común de encontrar éste tipo de mantenimiento es por los costos y el tiempo que demanda realizar trabajos de ésta

naturaleza, ya que al realizarlo estaríamos rediseñando de alguna forma la máquina a utilizar, sabiendo la complejidad que esto implica.

2.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un **sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas** y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua.

El mantenimiento preventivo, se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos.

Es la intervención de mantenimiento prevista, preparada y programada antes de la fecha probable de aparición de una falla.

En definitiva, se trata de dotar a la organización, de un sistema que le permita detectar y corregir el origen de las posibles fallas técnicas y no reparar las consecuencias de las mismas, una vez que éstas se han producido.

Detección precoz = Corrección preventiva

Cualquiera que sea el nivel de mantenimiento preventivo aplicado, subsistirán inexorablemente fallas residuales de carácter aleatorio.

Y en forma general, reduciendo los imprevistos o fortuitos, se mejora el clima en cuanto a las relaciones humanas, porque sabemos que cuando sucede algún problema, se crea una tensión a nivel de personas.

Se debe implementar una política de mantenimiento preventivo –eficaz, es decir, no se puede hacer el preventivo sin un servicio de métodos que cuantificará el costo directo del mantenimiento, que a su vez nos permita:

- La gestión de documentación técnica.
- Preparar intervenciones preventivas.
- Acordar con producción paradas programadas.

Es decir, todas las condiciones necesarias para el mantenimiento preventivo.

2.4.1. Mantenimiento sistemático. Mantenimiento Sistemático es el efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas.

Este mantenimiento requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos con los que se está trabajando, es decir, se asegura que existe el conocimiento previo del comportamiento de los materiales.

Una herramienta muy valiosa, es el estudio estadístico, el que permite determinar los tiempos óptimos de intervención.

Para poder utilizar datos estadísticos será necesario que transcurra un cierto tiempo, para poder contar con los datos históricos de cada equipo.

De tal modo que el preventivo se retrasa con respecto a la falla y el mantenimiento correctivo toma el lugar del preventivo y neutraliza los posibles beneficios. Sobre la base de lo expuesto, el mantenimiento preventivo requiere una correcta metodología para determinar su periodo de intervención.

- **Calculo de costos de la política de mantenimiento sistemático.**

Estos costos están compuestos por los costos directos de mantenimiento preventivo y por los costos de mantenimiento correctivo asociados a la inviabilidad que va a existir

$$CTPM = CDMP + CMC$$

Donde:

CTMP: Costo total de la política de mantenimiento preventivo.

CDMP: Costo directo de mantenimiento preventivo.

CMC: Costo por mantenimiento correctivo.

A su vez tenemos que:

$$CDMP = MOMP + CR + CM + CH + Cstock + CO$$

Donde:

MOMP: Es el costo de mano de obra de mantenimiento y surge de multiplicar el total de horas – hombre-.

CR: Es el costo de los repuestos cambiados.

CM: Representa el costo de los materiales e insumos utilizados en mantenimiento preventivo.

CH: Indica el costo de herramental para mantenimiento preventivo.

CO: Costo de oportunidad por parada para mantenimiento preventivo.

Cstock: Es el costo de mantener el inventario de repuestos.

Por otro lado se tiene que los costos por lucro cesante se obtienen como un porcentaje del mantenimiento correctivo.

$CMC \% CTMC$.

2.4.2. Mantenimiento condicional o predictivo. Este mantenimiento consiste en el análisis de parámetros de funcionamientos cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves.

En general, el mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en que periodo de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando.

La inspección de los parámetros se puede realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

- **Ventajas del mantenimiento predictivo**

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos.
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Por ultimo garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos.

- **Objetivos del mantenimiento predictivo**

Ahora con el Mantenimiento Predictivo sólo se va a arreglar un equipo cuando se sabe que presenta un fallo y no se interfiere con equipos que funcionan bien.

Establecer tendencias en el tiempo de los fallos que se empiezan a desarrollar. Se puede hacer con precisión, y las operaciones de mantenimiento se pueden planificar de tal manera que coincidan con paros programados de la planta.

Ahora bien los objetivos más importantes de este mantenimiento son:

Reducción de los tiempos muertos, de los inventarios, de tiempos extras, de compras de piezas emergentes; lo cual se refleja en un mayor rendimiento de los presupuestos hechos principalmente a los departamentos encargados de mantenimiento.

- **Técnicas de ensayo no destructivos**

Las herramientas de mantenimiento predictivo se pueden encontrar en un amplio rango de costos, sofisticación y niveles de experiencia y conocimientos requeridos para interpretar eficazmente los resultados del diagnóstico.

Este tipo de ensayo esta dirigido fundamentalmente a la detección de defectos causados por fatiga. Es sabido, estadísticamente, que la mayoría de las fallas estructurales, sobre todo en las piezas solicitadas por acciones dinámicas, se deben a la fatiga.

En las piezas pueden existir múltiples defectos que no impiden la utilización racional de éstas. El problema real consiste en decidir, cuando se determinan una falla, si la misma es perjudicial o inofensiva. Esta decisión sobre la aceptación o rechazo está basada, en general, en la siguiente información: ubicación, tamaño, forma del defecto, sollicitación en correspondencia, material y características del mismo, función que debe cumplir el elemento, confiabilidad requerida, etc. Para determinados elementos se han creado patrones de rechazos y aceptación, pero en general depende en última instancia del criterio y experiencia acumulada por el operador.

Interesa que la inspección se realice en forma preventiva. Esta puede llevarse a cabo en las siguientes oportunidades o circunstancias:

- Al estado de suministro de compra.
- Durante las distintas etapas de fabricación.
- Durante las inspecciones periódicas.
- Después del reacondicionamiento.

La elección del método más conveniente o apropiado está condicionada a diversos factores, siendo tan diversos los problemas de control no resulta raro que un elemento mecánico deba ser sometido a más de un ensayo no destructivo.

Debemos recordar que cada técnica de ensayo no destructivo es apta para resolver un determinado problema.

Con la idea de poder reforzar los programas de mantenimiento en función de mejorar la calidad y la productividad de la planta, estas son algunas de las

herramientas y los ensayos del mantenimiento predictivo más frecuentemente usados:

- Análisis de Aceite.
- Termografía (análisis infrarrojo).
- Análisis de vibración.
- Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones.
- Alineado de precisión y dispositivos de balanceo.
- Monitores de tonelaje.
- Inspección por ultrasonido.
- Inspección Radiográfica.
- Inspección mediante líquidos penetrantes.

ANÁLISIS DE ACEITE

En el análisis de aceite se comparan los lubricantes usados con los nuevos, para determinar:

- Las condiciones del lubricante.
- La presencia de contaminantes.
- Las condiciones de las superficies de desgaste.

Tipos de ensayos

Espectroscopia por emisión atómica:

Identifica las partículas metálicas muy finas disueltas en el lubricante. Las partículas gruesas (desgaste severo) no son analizadas.

Viscosidad:

Mide las capacidades del flujo de un lubricante.

Otros ensayos físicos y químicos:

- Evalúa si el aceite es o no adecuado para el servicio.
- Servicios de laboratorios costosos — anuales en equipos críticos.

Aplicaciones:

- Monitoreo de equipos con tanques de lubricación
- Determinar el reemplazo del aceite, tomando como base las condiciones y no los calendarios/ medidores internos.
- Frecuentemente usado junto con el análisis de vibración para confirmar las conclusiones.

TERMOGRAFÍA

La termografía utiliza sistemas de cámaras sensibles a los rayos infrarrojos para capturar la radiación (calor) emitida por los objetos, con el fin de producir una “imagen”. Los patrones térmicos basados en las diferencias de temperatura, son registrados en video para su inmediata reproducción, procesado por sistemas de análisis de imagen por computadoras y desarrollado en copias Xerox impresas a los fines de documentación y pedidos de trabajo.

La imagen térmica es útil para su aplicación en Mantenimiento Predictivo en dos modos:

- Es un método de no-contacto para identificar componentes mecánicos y eléctricos que están “más calientes” que lo normal, frecuentemente es una indicación de falla inminente.
- Indica la pérdida excesiva de calor, que usualmente es un signo de aislamiento incorrecto o inadecuado.

Aplicaciones

- Durante el ensayo final (en fábrica) de los equipos nuevos.
- La puesta en marcha inicial in situ del equipo.
- Análisis y tendencias rutinarias.
- Verificación de acciones de reparación.
- Resolución de problemas.
- Ideal para la explotación de equipos eléctricos en busca de componentes defectuosos, Identificando:
 - Desgaste normal.
 - Contaminación química.
 - Fatiga.
 - Montaje o instalación incorrectos.
 - Conexiones flojas.
 - Condiciones de sobrecarga.
 - Sistema principal de distribución eléctrica.
 - Exploración de componentes mecánicos en busca de calor excesivo (cojinetes, falta de alineado, etc.).
 - Exploración de techos (pérdida de energía, humedad).
 - Exploración de aislamiento de estufas/refractarios.
 - Sistemas de vapor (pérdidas, aislamiento, trampas).

ANÁLISIS DE VIBRACIÓN.

Este análisis mide la frecuencia de las vibraciones del equipo para ayudar a diagnosticar el origen de las fallas y mide la amplitud para ayudar a determinar la

severidad de las mismas.

Las vibraciones pueden deberse a:

- Carga desequilibrada.
- Falta de alineado.
- Desprendimiento.
- Correas defectuosas.
- Cojinetes deteriorados.
- Aflojamientos.

Tipos de alarmas de análisis de vibración

Los niveles de alarma del análisis de vibración frecuentemente incluyen:

- Alarma por falla
- Advertencia de problemas críticos-falla inminente.
- Alarma más alta.
- Alarmas de alerta.
- Advertencia de una situación seria pero no critica.
 - Advierte a los técnicos que una máquina se debería evaluar detalladamente.
 - Proporciona una advertencia anticipada para la planificación de acciones de reparación.
- Alarmas de índice de línea de base.
- Monitorea la tendencia de la vibración a través del tiempo, para establecer una línea de base.
 - El nivel de alarma se establece tomando como base un aumento del porcentaje sobre una lectura de línea de base (referencia).
- Las lecturas de la vibración de la corriente se comparan con los datos más recientes, para detectar los problemas de los equipos nuevos.

Aplicaciones

Es mejor utilizada en ejes de alta velocidad y equipos giratorios.

- Detecta los defectos de cojinetes/alineado.

Cuando:

- “Señales” (datos de línea de base) recogidas del equipo para monitorear los cambios.
 - Las mediciones tomadas en equipos nuevos o reconstruidos pueden detectar futuros problemas, aún antes de la aceptación en producción. (Elimina las fallas en lugar de predecirlas).

Análisis/tendencias rutinarios.

- Verificación de acciones de reparación.

- Resolución de problemas.

Nota: Para evaluar correctamente un análisis de vibración se requiere experiencia, capacitación y personal calificado.

MONITOREO DE MOTORES ELÉCTRICOS Y ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES.

Mediante diversas técnicas de análisis de motores, las fallas en motores eléctricos nuevos y existentes se pueden detectar y corregir antes de que el motor falle.

Entre alguna de las técnicas de monitoreo de las condiciones del motor más tradicionales y comúnmente usadas, podemos citar:

- Resistencia a tierra (RTG): La condición monitoreada es la integridad del sistema aislante, poniendo a tierra los conductores de potencia.
- Ensayo comparativo de subida de voltaje o tensión. La inserción autónoma con pulsos eléctricos controlados en un motor, se usa para verificar la condición de arrollamiento de bobina, vuelta por vuelta y conexión a tierra. Este método de ensayo también revela el aislamiento fase por fase y la orientación de la bobina.
- Análisis de temperatura normalizada del motor.

Aplicaciones

- Motores eléctricos

Cuando:

- Durante el ensayo final de los motores nuevos.
- En la recepción de motores nuevos o reconstruidos.
- Análisis/tendencias rutinarios.
- Verificación de acciones de reparación.

Alineado de Precisión y Dispositivos de Balanceo

Se utiliza para inspeccionar el alineado y balanceo de las máquinas acopladas. Estas herramientas predictivas incluyen sistemas de alineado láser y electromecánico.

Aplicaciones

- En toda máquina acoplada en la que la falta de alineado o el desequilibrio ocasionaran la falla prematura o problemas de calidad.
- Motores de impulsión, bombas, nivelación de prensas, componentes giratorios de alta velocidad.

Cuando:

- Durante el ensayo final de equipo nuevo.
- En la recepción de equipos nuevos o reconstruidos.
- Análisis/tendencias rutinarios.
- Verificación de acciones de reparación.

Monitores de Tonelaje.

Los monitores de tonelaje son dispositivos que utilizan un medidor de deformación para medir el tonelaje dinámico o pico.

Aplicaciones

- Todo equipo tipo prensa.

Cuando:

- Prueba de todas las herramientas y verificación de reparación.
- Cambios de prensas de estampado.
- Monitoreo en línea de golpes de prensas pesadas.

El monitoreo directo del tonelaje del ciclo de prensas se puede usar para evaluar la integridad de los componentes de la prensa.

INSPECCIÓN DE ULTRASONIDO

La inspección con ultrasonido es una técnica de ensayo no destructiva, que permite, utilizando vibraciones mecánicas de alta frecuencia, cumplimentar los objetivos siguientes: detección y ubicación de discontinuidades externas e internas o bien heterogeneidades de los materiales, determinar diferencias en estructuras y propiedades físicas, medir espesores o variación de espesor con acceso por un solo lado. En circunstancias favorables puede determinarse también tamaño, forma y posición de la falla.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Un impulso eléctrico es convertido en una vibración mecánica mediante un transductor, convenientemente montado en un soporte adecuado y ubicado en una posición que permita el pasaje de la vibración al elemento en estudio.

Dichas vibraciones, de frecuencia muy elevada. (Mayores a 25 Khz.) Recibe el nombre de onda ultrasónica. Las ondas ultrasónicas propagadas a través del elemento, son reflejadas por el contorno y por las discontinuidades que encuentra en su camino. La porción de onda reflejada que retorna al transductor, es a su vez convertida en un impulso eléctrico. El impulso eléctrico, convenientemente amplificado, alimenta un osciloscopio a rayos catódicos donde se refleja verticalmente un punto luminoso que atraviesa la pantalla del mismo. El punto luminoso es disparado, horizontalmente en el instante en que el transductor transmite la energía sáfica al elemento. La posición de la deflexión causada por la onda, al reflejarse sobre el excitador constituye una medida de la distancia entre la superficie reflectora y el transductor. Los equipos ultrasónicos pueden variar la velocidad de barrido en forma continua, en una amplia banda, de manera que el tiempo total pueda hacerse corresponder desde un par de centímetros hasta medio metro o más.

Consideraciones de los Factores que Influyen Sobre el Método.

El factor fundamental que interesa conocer para interpretar los métodos de inspección con ultrasonido, es la forma de transmisión de la onda supersónica. Son tres los modos con que una vibración ultrasónica se transmite a través del material a saber: Ondas longitudinales (ondas de compresión), con las partículas vibrando en la dirección de la propagación. Ondas transversales, con las partículas vibrando normalmente a la dirección de la propagación. Ondas superficiales, que se propagan en la superficie con las partículas vibrando en forma combinada longitudinal y transversal.

VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN.

La velocidad de propagación, con que se transmite la onda, depende del material del elemento y del "modo de vibrar". Longitud de la onda ultrasónica.

La longitud de onda "λ" está relacionada con la velocidad de propagación "V" y la frecuencia de vibración ultrasónica "f" por la relación: $\lambda = V/f$. La longitud de onda condiciona los fenómenos de absorción, reflexión, visibilidad de los defectos, relación sensibilidad, distancia, etc
Impedancia Acústica.

La impedancia acústica está definida por la formula:

$$Z = V * \rho \text{ (gr*s)/ cm}^2$$

Físicamente la impedancia acústica representa la resistencia que el medio presenta a la propagación de la onda ultrasónica. Los valores de "Z" influyen sobre la reflexión que se origina en las interfaces, en especial la interfase aire-material.

El coeficiente de reflexión "R" está definido por la relación:

$$R = I_r/I_o \quad \cdot \quad I_r = \text{Energía reflejada.} \quad I_o = \text{Energía incidente.}$$

Se puede demostrar asimismo que:

$$R = \left[\frac{Z_A - Z_B}{Z_A + Z_B} \right]^2$$

Z_A = Impedancia del medio "A"

Z_B = Impedancia del medio "B"

Si los medios "A" y "B" tienen igual o parecida impedancia acústica, "R" se anula o tiene un valor muy pequeño. Para que exista una buena reflexión es necesario que la relación de impedancias valga por lo menos 2 (valor correspondiente a un 10% de la energía incidente).

Sensibilidad.

La mayor o menor habilidad para detectar una pequeñísima discontinuidad constituye la sensibilidad del ensayo ultrasónico. La medida de la sensibilidad del transductor está expresada por la amplitud de la indicación de una pequeña discontinuidad.

Resolución.

El poder de resolución es la mayor o menor habilidad para detectar una discontinuidad cercana a la superficie de incidencia. La resolución resulta buena cuando la indicación del defecto resulta neta y clara y no aparece "pérdida" en el impulso inicial. Para obtener un compromiso aceptable entre sensibilidad y poder de resolución, se aconseja la elección de los transductores de mayor diámetro y las frecuencias más elevadas. Las limitaciones a la frecuencia son impuestas por el tamaño del grano y de las porosidades. Las dimensiones de la superficie a inspeccionar y su curvatura limitan el diámetro del transductor. Los diámetros de los transductores varían entre 6 a 30 mm.

ACOPLAMIENTO ENTRE ELEMENTO A ENSAYAR Y TRANSDUCTOR.

El cristal se coloca directamente sobre la superficie seca del elemento, se transmite muy poca energía debido a la impedancia acústica de la interfase (aire) por lo tanto se recurre a medios de acoplamientos líquidos-viscosos, entre transductor y material. En general se emplea aceite pero virtualmente cualquier líquido puede ser utilizado (agua, parafina, glicerina, etc.) con el acoplamiento óptimo solo el 12% de la energía generada atraviesa el elemento y de ella el 12% retorna al transductor receptor, en consecuencia solo el 1.4% de la energía original queda disponible para ser convertida en señal eléctrica. Para mejorar las condiciones de acoplamiento se suele sumergir total o parcialmente el elemento y transductor en un líquido apropiado.

CONSTITUCIÓN DE UN EQUIPO PARA ENSAYO ULTRASÓNICO

- El equipo elemental consta de los siguientes elementos:
- Un generador de impulsos eléctricos de frecuencia y tensión dada.
- Un transductor que produce vibraciones ultrasónicas (cristal de cuarzo, titanio de bario o zirconato de plomo) y las propaga al elemento examinado.
- Un segundo transductor que a veces se identifica con el primero que recepta las ondas reflejadas y retransforma en impulsos eléctricos.
- Un amplificador y procesador.

- Un tubo de rayos catódicos.

Aplicaciones

- Detección de fugas de presión/vacío en conexiones, sellos, juntas, intercambiadores de calor, trampas de vapor y condensadores/calderas.
- Detección de problemas mecánicos en cojinetes, válvulas, motores, bombas y cajas de engranajes.
- Detección de fallas en componentes eléctricos.

Cuando:

- Durante el ensayo final (en fabrica) del nuevo equipo.
- En la puesta en marcha inicial in situ del equipo.
- Análisis/tendencias rutinarios.
- Verificación de acciones de reparación.

Fenómenos Relacionados con la Propagación de la Onda Ultrasónica.

Forma del haz de propagación: La forma del haz de propagación depende de las dimensiones de la fuente que lo produce y de la longitud de onda, cuanto mayor sea el diámetro del transductor y menor longitud de onda empleada, más cilíndrico será el haz.

Variación de la intensidad de la onda ultrasónica: La intensidad de la onda ultrasónica varía con la expresión siguiente:

Dispersión del haz: Cuando las ondas supersónicas chocan contra una gran cantidad de inclusiones o porosidades, se origina una reflexión al azar, característica que sirve precisamente para individualizar este tipo de falla.

$$I_x = I_0 * e^{-kx}$$

Donde:

I_x = intensidad de la onda a una distancia “x” del punto de partida.

I_0 = intensidad inicial de la onda.

K = coeficiente de absorción, función del medio que atraviesa

x = distancia a la cual se mide “ I_x ”

TÉCNICAS DE EXAMEN.

Las técnicas de examen más comúnmente empleadas son:

Técnicas por transmisión o transparencia: Con esta técnica se mide la variación de absorción del haz de ondas. Requiere el empleo de dos transductores, un emisor y un receptor, colocados en lados opuestos. Las ventajas del método son la simplicidad del equipo y manejo y que la energía pasa a través del elemento solo una vez, permitiendo el empleo del método en materiales de difícil penetración.

Las desventajas del método son, la resolución que es menor que en el método de eco múltiple, que se quiere una fijación esmerada de los dos transductores y de las superficies, que no se obtiene información sobre la posición en profundidad de defecto (Cuando el defecto es pequeño en relación al área del transductor, se puede realizar una estimación de la dimensión en base a la intensidad de la señal.

Si el defecto es grande, su extensión puede determinarse por la posición de los transductores donde no se registra transmisión de energía a través del elemento).

Campo de Aplicación: Resulta apropiado para la detección de defectos laminares, es decir en objetos demasiados delgados para ser examinados por el método eco.

Técnica por eco directo o por reflexión: Este método se basa en la medición del tiempo empleado por la onda longitudinal en cumplir el siguiente trayecto: Transductor emisor - pared refleja ante - transductor receptor. En general es el mismo transductor el que transmite y recibe, en este caso la transmisión se realiza por paquete de ondas de manera que se permita al emisor funcionar como receptor entre la partida de un paquete y el sucesivo. La sensibilidad depende del tamaño de grano del material. En metales de grano fino, acero y aluminio, se pueden detectar defectos de 0.5 mm de diámetro a una distancia de 125 a 150 mm.

Campo de aplicación: Permite detectar grietas, inclusiones, segregaciones, porosidades, sopladuras, rechupes, etc. proveyendo información sobre variación en la estructura, densidad y otras diferencias en la homogeneidad. Permite asimismo la medición de espesores por acceso de un solo lado.

Técnica de Resonancia: Este método está basado en el fenómeno de resonancia que se verifica cuando el espesor del elemento atravesado por la onda, resulta igual o múltiplo de la media longitud de onda completa. Su ventaja es que permite la inspección de elementos de pocas décimas de espesor con acceso de un solo lado. La desventaja es que para la detección de grietas la resolución suele ser inferior a la de la técnica de eco múltiple y su espaciado se encuentra fuertemente influenciado por la terminación superficial y los defectos estructurales del elemento.

Campo de aplicación: Detección de defectos de tipos laminar en zonas vecinas a la superficie, por ejemplo grietas de laminado. Para medición de espesores, se utiliza la fórmula siguiente:

$$e=2J2=V/2f=V/2* (ff1)$$

Donde:

e = espesor del elemento, (cm.)

V= velocidad de propagación de la onda, (cm/s)

Fn= frecuencia fundamental, (ciclos/s)

Frecuencia correspondiente al orden armónico "n".

Por lectura directa es factible medir espesores de 4 a 8 mm., por lectura indirecta, en base a armónicas, hasta 70 y 100 mm.

Técnicas por eco múltiple: Este método está basado en determinar la absorción de la energía ultrasónica, considerando el número de veces que el haz de ondas puede ser reflejada antes de que su energía sea dispersada por el material. Las ventajas son el empleo de un solo transductor que permite realizar la inspección de un solo lado del elemento y la sensibilidad y resolución que resulta en muchas aplicaciones la optima. La desventaja es el espesor mínimo inspeccionable de 2.5 mm.

Campo de aplicación: Esta técnica resulta particularmente indicada para la detección e individualización de defectos estructurales.

Técnica de onda superficial: Este método permite la detección de defectos superficiales hasta de una profundidad aproximada de una o dos veces la longitud de onda utilizada. La sensibilidad alcanzada es equivalente a la de la técnica de reflexión. Su ventaja es que las ondas superficiales pueden recorrer la superficie rodeando cantos redondeados, proveyendo así de un método para inspeccionar áreas de filetes. Su limitación, si se pretende detectar pequeños defectos superficiales o sub-superficiales, es que la superficie del elemento debe ser lisa y estar perfectamente limpia.

Técnica de inmersión: El método es similar a los ya analizados, pero el elemento se encuentra total o parcialmente sumergido en líquido apropiado (generalmente agua o parafina). Las ondas reflejadas principales provienen de la superficie superior del elemento (1er eco de agua A) y de la superficie más alejada (eco del contorno C). Existen además otra serie de ecos, el más importante es el 2do eco de agua A2 correspondiente a la doble reflexión entre el transductor y la superficie superior del elemento. Para evitar este eco (que puede provocar confusión) es necesario alejar el transductor a una distancia tal que el tiempo insumido en la reflexión por agua sea mayor que el correspondiente a través del elemento. Este método permite inspeccionar a través de filetes y áreas, contorno irregular y en condiciones de superficie que impidan el contacto directo del transductor. Se pueden detectar defectos internos a una profundidad de aproximadamente 3 mm., mientras que en contacto se logra solo hasta 10 a 12 mm.

Conclusiones generales sobre la técnica de inspección por Ultrasonido.

En la práctica la técnica del análisis ultrasónico resulta sumamente compleja, los oscilogramas se encuentran a menudo alterados por la presencia de impulsos que complican la interpretación del hecho buscado. Entre las causas principales de alteración figuran las siguientes:

- Variación de la forma geométrica.
- Variación de la velocidad de las ondas.
- Tamaño de grano del material.
- Segregaciones del material.

También el exceso de sensibilidad conduce a una manifestación exagerada de los defectos internos. Por todas estas razones el manejo e interpretación de los ensayos ultrasónicos solo puede confiarse a operadores entrenados y con experiencia.

En la investigación inicial es posible efectuar cortes y ataques superficiales para correlacionar las indicaciones suministradas por la reflexión o resonancia, con las dimensiones, forma, tipo y posición de las discontinuidades o singularidades existentes. Se pueden en tal forma crear patrones estandarizados de aceptación o rechazos.

Inspección radiográfica.

La inspección radiográfica es una técnica de ensayo no destructivo que utiliza la energía, irradiada en formas de rayos X o Gamma, transmitida a través del cuerpo a ensayar.

Principio en que se basa el Método.

La absorción parcial de la energía que atraviesa un cuerpo debido a la variación de espesor de éste, provocada por porosidades, grietas, heterogeneidades estructurales, composición, etc., se detecta sobre una placa radiográfica o se observa directamente sobre un fluoroscopio, hace posible el estudio de los defectos internos del material.

Etapas del Proceso

Esta técnica incluye la utilización de una fuente de radiación y un medio detector apropiado. La fuente de radiación puede ser una máquina de rayos X o un material radiactivo, tal como el Radium, Cobalto 60 o Iridium 192. El detector puede ser una placa fotográfica especial, sensible a los rayos X o Gamma o bien una pantalla fluoroscópica.

OBJETIVO.

En la importancia mecánica se utiliza para satisfacer tres propósitos básicos: Investigación, ensayo de rutina y control de calidad. El Método puede aplicarse

como control de recepción, inspección de proceso (fundamentalmente en piezas fundidas y soldadas) o como control final, para controlar la posición correcta de elementos internos en conjuntos de armado.

Importancia.

Resulta de primordial importancia su aplicación en piezas de bajo factor de seguridad, o donde la falla puede resultar peligrosa para la seguridad de las personas y/o instalaciones, el costo de reposición es muy elevado.

Técnica de inspección con Rayos X

Dos factores son de determinación importante: Límite de sensibilidad y ancho mínimo de la imagen del defecto. La sensibilidad radiográfica es la medida porcentual de la variación mínima de espesor detectable en la imagen del defecto.

La sensibilidad estándar suele ser de 2% del espesor. Con cuidados especiales se pueden lograr sensibilidades desde 1 al 0.5%.

El límite de resolución de los detalles está muy ligado al tamaño de grano de la emulsión de la película, dependiendo de:

- Tamaño de la fuente emisora de rayos X.
- Relaciones geométricas entre la fuente emisora, la pieza en ensayo y la película, lo mismo que la distancia y espesor de la pieza.
- Longitud de rayos X.
- Radiación secundaria.
- Procesamiento de la película.

Técnica radiográfica.

Ventajas del método radiográfico.

- Excelente sensibilidad para la inspección.
- Nitidez geométrica de la imagen.
- Obtención de una comprobación permanente del ensayo (placa radiográfica).
- Interpretación confiable del tipo de defecto.

Limitaciones del ensayo radiográfico.

- No puede obtenerse emisión radial uniforme.
- Accesibilidad a las piezas a ensayar, restringida.
- Accesibilidad del equipo, a las piezas a ensayar, restringida.

Como con los rayos X no se puede lograr una emisión radial uniforme, la imagen de defectos internos, pertenecientes a superficies curvas de espesor uniforme (cojinetes de fricción, cañerías, etc.) se presenta distorsionada y con sensibilidad variable. Este inconveniente puede solucionarse recurriendo a fuentes radioactivas de emisión. Con este método se puede asimismo inspeccionar en lugares poco

accesibles, por ejemplo detección de defectos de soldadura en cañerías y recipientes.

Otras limitaciones se refieren a la capacidad de interpretación del operador, éste debe conocer en detalle, las condiciones que pueden motivar el rechazo, y estar familiarizado con los procesos de fabricación que hacen al producto inspeccionado.

APLICACIONES BÁSICAS DE LA TÉCNICA DE INSPECCIÓN CON RAYOS X.

Las aplicaciones más comunes son para inspección de piezas fundidas. Se pueden detectar rechupes, porosidades, sopladuras, inclusiones, grietas, segregaciones, desviaciones de nodos, etc. También para inspección de piezas soldadas, donde se pueden evidenciar los siguientes defectos:

- Porosidades, grietas, penetración insuficiente, inclusiones, etc. Por último se usa para inspección de conjuntos armados para controlar el emplazamiento de partes internas.
- Espesores que pueden Inspeccionarse y Energía de Radiación Necesaria.

En los aceros el espesor, que puede inspeccionarse con rayos X resulta proporcional a la energía de radiación.

Criterio para la Selección del equipo de rayo X.

- Espesor y tipo del material a inspeccionar.
- Cantidad de material a inspeccionar.
- Variedad de medidas, formas y composición del producto.
- Necesidad de ser o no portátil el equipo.
- Consideraciones económicas.

La correcta valuación y balance de estos factores permiten la selección optimizada del o los equipos.

Técnicas del Examen Fluoroscópico

Ventajas del examen fluoroscópico.

- Imagen directamente visible.
- Posibilidad de observar el espécimen en movimiento.
- Rapidez de inspección.
- Bajo costo de producción de la imagen.
- Aplicaciones Principales.

Su campo principal de aplicación es la inspección de piezas fundidas de aleaciones de aluminio y magnesio, para detectar: porosidad, rechupes, e inclusiones y para verificar en conjuntos armados con cubiertas de acero, bronce o aluminio de poco espesor, el montaje correcto de

elementos internos. Debido a que este método no permite el efecto acumulativo de la radiación emergente de la pieza de ensayo, tal como sucede en el método radiográfico, para determinado espesor y material se requiere mayor voltaje que, por razones de seguridad, se suele limitar a 160 Kv.

Los límites prácticos de espesores inspeccionables con ese voltaje son, para diversos materiales, los siguientes:

Tabla 6. Tabla de espesores de elementos

Elemento	Espesor
Magnesio	75 mm
Aluminio	50 mm
Acero	4 mm
Cobre	3 mm
Zinc	3 mm

Bajo condiciones optimas, la sensibilidad, al inspeccionar aluminio es de 5 a 6 %. Cavidades menores de 1mm son difíciles de determinar.

Inspección mediante líquidos penetrantes

Esta técnica de inspección no destructiva permite la detección de defectos, con apertura en la superficie de los elementos, en materiales no ferrosos. Se aplica en aleaciones de aluminio, magnesio, cobre, titanio, carburos sinterizados, aceros inoxidables (en general en aleaciones no magnéticas) o en cerámicas, plástico y vidrio. Los materiales magnéticos también pueden inspeccionarse con este método, pero resulta preferible, en estos casos, el empleo de técnicas de magnetización.

Lista de Elementos Necesarios:

- Equipo de limpieza y desengrasado.
- Cuba para baño de inmersión, cuando las dimensiones de la pieza lo permiten.
- Parrilla para escurrir.
- Líquido penetrante.
- Revelador, líquido o en polvo.
- Equipo de iluminación ultravioleta, cuando se emplee líquido penetrante fluorescente.
- Equipo de limpieza final.

LAS ETAPAS DE PREPARACIÓN Y EXAMEN

Limpieza de la pieza. Resulta indispensable, para el éxito del método, una limpieza profunda que elimine rastros de aceite, grasa o agua, que impiden una buena penetración. El óxido puede cubrir el defecto y la costra de laminación o poro al atrapar líquido penetrante suministrando una información falsa. Debe asimismo removerse pintura o recubrimiento galvánicos y neutralizarse rastros de alcalinidad o acidez. Este tipo de inspección debe realizarse previo al perdigonado o pulido, pues estas operaciones pueden cerrar las grietas impidiendo la penetración del líquido.

El método de limpieza generalmente adoptado es el vapor de agua.

Aplicación del penetrador. Puede aplicarse por inmersión o rociado. La permanencia de contacto oscila entre 2 y 20 minutos, dependiendo del material y tipo de defecto a detectar. La tabla a continuación suministra una información al respecto.

Tabla 7. Cuadro de datos de aplicación del penetrador

Material	Estado	Tipo de defecto	Tiempo de penetración (min)	
			ZIGLO	ZIGLO-PENTREX
Plásticos	Cualquiera	Grietas	5 a 30	2
Vidrio	Cualquiera	Grietas	5 a 30	5
Vidrio con metal	Cualquiera	Grietas o fuga	30 a 120	5 a 60
Puntas de carburo		Adhesión insuficiente porosidades	30	5
		Grietas de rectificado	10	
Alambres de Tg		Grietas	1 hs a 24 hs	
Aleación de Titanio	Cualquiera	Todos	Emplear técnica de postemulsión	15

Remoción del penetrador en exceso. Esta operación resulta conveniente realizarla bajo

iluminación con luz ultravioleta, pues así resulta más fácil observar en que parte de la superficie ha sido removido el penetrante. La remoción se realiza con agua que no supere los 43°C.

Aplicación del revelador. Esta operación tiene como objetivo extraer del defecto el líquido

Penetrante y hacer de fondo a fin de que sea bien visible. Puede emplearse revelador húmedo o seco. La revelación húmeda se puede realizar por inmersión o con brocha o rociado. La técnica de revelación seca requiere un cambio en la

secuencia de las operaciones indicadas para el revelado húmedo, debe aplicarse sobre superficies secas.

Operación de secado. El secado es necesario luego del revelado húmedo y antes del revelado seco. Esta operación se realiza con circulación de aire caliente. Se recomienda una temperatura de 100°C. No superar los 120°C.

Observación de las indicaciones. La inspección se realiza iluminando con luz ultravioleta. Poros y vacíos aparecen como puntos brillantes, mientras que las grietas se muestran como líneas fosforescentes. Conviene limar o cortar determinados defectos, luego de la observación de la indicación fluorescente, para adquirir experiencia respecto a la relación entre tamaño del defecto con las características de la indicación.

Limpieza de la pieza luego de inspeccionada. El método descrito hasta aquí se refiere al empleo de penetrantes emulsionados, que pueden ser eliminados perfectamente por lavado con agua. Cuando se utilizan penetrantes post emulsionado (con emulsionador separado) el método de trabajo es similar al visto solo que en este caso se requiere, para hacer posible la remoción del penetrante en exceso, la aplicación de un líquido emulsionador.

El tiempo de permanencia del emulsionador es crítico, su valor correcto debe ser determinado experimentalmente. Puede variar entre 10 segundos a 5 minutos, depende de la terminación superficial y del tipo de defecto. Las superficies lisas requieren menor tiempo que las rugosas. A continuación se transcribe un cuadro comparativo entre líquidos penetrantes emulsionados (Zyglo) y pos emulsionados (Ziglo-Pentrex).

Penetrantes Zyglo

Ventajas.

- Fluorescencia de gran visibilidad.
- Facilidad de lavado con agua.
- Apto para superficies rugosas.
- Apto para superficies ranuradas o roscadas.
- Rápido y económico.
- Apto para detección de un amplio rango de defectos.

Desventajas

- Dificulta la reinspección.
- El anodizado afecta la sensibilidad.

- El cromado afecta la sensibilidad.
- No confiable para detección de pequeños defectos superficiales

Penetrante Zyglo - Pentrex.

Ventajas

- Fluorescencia de gran visibilidad.
- Elevada sensibilidad para la detección de pequeños defectos superficiales.
- Facilidad de lavado con agua luego de aplicar el post emulsionador.
- Inspección rápida, especialmente en piezas grandes.
- Tiempo de penetración corto.
- No está afectado por el anodizado.
- No está afectado por el cromado.

Desventajas

- La aplicación de un post emulsionador constituye una operación extra-dificultad para eliminar, por lavado, el líquido penetrante en:
- Partes roscadas.
- Partes ranuradas.
- Agujeros ciegos.
- Superficies roscadas.

• **APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DEL PREDICTIVO**

La aplicación efectiva de herramientas del predictivo puede potenciar la productividad de los equipos de la planta aumentando su disponibilidad, de cuatro formas diferentes:

- Las herramientas del predictivo pueden detectar futuros problemas en equipos nuevos, de modo que los mismos pueden ser eliminados antes que se dañe o falle el componente del equipo.
- Las herramientas del predictivo pueden detectar problemas existentes con el equipo antes de las actividades tradicionales del MP y proporcionar advertencias anticipadas adicionales de las fallas del equipo, para monitorear detalladamente las condiciones del mismo y reducir el tiempo de inactividad no programada y el tiempo de reparación.
- Las herramientas del predictivo se pueden usar para evaluar las acciones de reparación antes de poner nuevamente el equipo en servicio.
- Las herramientas del predictivo se pueden usar como una-ayuda para resolver los problemas de falla real del equipo y reducir el tiempo de inactividad por reparación.

• SISTEMA SUPERVISOR- DIAGNOSTICADOR

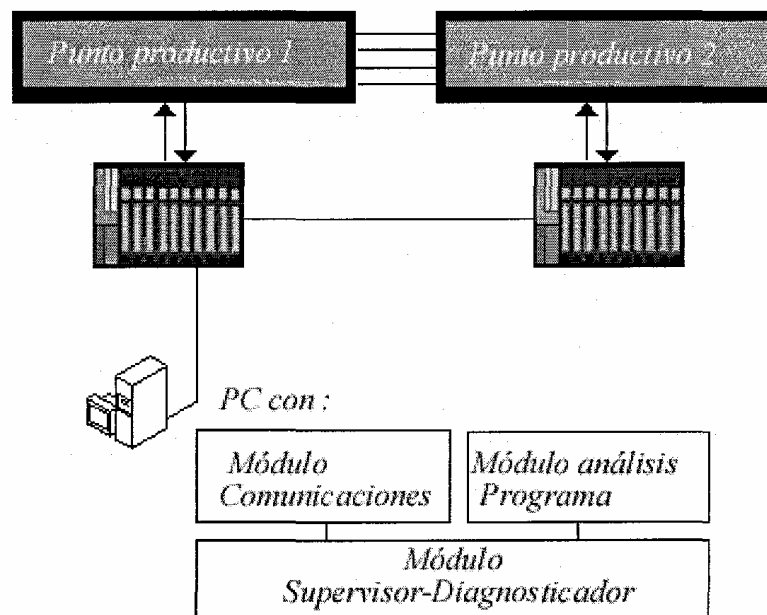
Existen sistemas de supervisión de procesos industriales controlados por autómatas que permiten el diagnóstico de fallos y la ayuda al mantenimiento.

Elementos que lo componen.

- **Módulo de carga del programa.** Será el encargado de interpretar el programa del autómata. Construir el árbol de decisión que será con el que trabaje la herramienta. Dependiente del autómata.
- **Módulo de comunicaciones.** Será el encargado de extraer la información del estado en el que se encuentra el autómata.
- **Módulo-Herramienta Supervisor-Diagnosticador.** Basado en PC, independiente del autómata. Es el que implementa todas las reglas de decisión y diagnóstico, además de incluir un “interfase” amigable e intuitivo para el operario de mantenimiento.

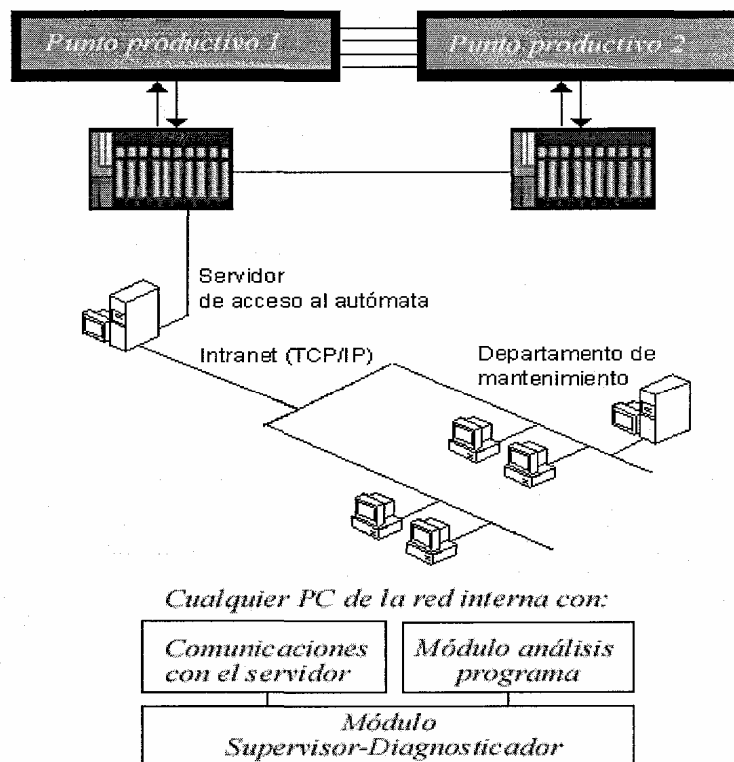
El esquema de este sistema se detalla a continuación:

Figura 15. Esquema supervisor – diagnosticador



La generalización de la herramienta y el hecho de permitir su uso desde un punto cualquiera de la línea lleva a usar el siguiente esquema:

Figura 16. Esquema generalizador supervisor – diagnosticador



2.5. DETERMINACIÓN DEL PERÍODO DE INTERVENCIÓN Y DIMENSIÓN DEL ÁREA

Es importante determinar el correcto periodo de intervención, de lo contrario, pueden generarse pérdidas básicamente debidas a dos tipos de errores:

- Sobremantenimiento
- Submantenimiento

El **sobremantenimiento** se produce cuando el mantenimiento preventivo interrumpe la vida útil y la operación normal de una máquina o equipo sin causa aparente. Por lo tanto la vida útil será totalmente desaprovechada y ocasionará una acumulación innecesaria de actividad de preventivo, que aumentará el gasto. Esto ha provocado en muchas ocasiones desacreditar el mantenimiento preventivo.

El **submantenimiento** ocurre cuando se determinan inadecuadamente los tiempos medios entre las fallas y la programación.

Para evitar estos problemas hay que analizar los siguientes aspectos:

- Recomendaciones del fabricante de las máquinas, especialmente en la primera etapa.

- La experiencia adquirida durante la primera etapa del funcionamiento en el mantenimiento correctivo.
- La fiabilidad del equipo realizada a partir de un histórico.
- La cantidad de equipos, máquinas y su complejidad.
- Datos estadísticos tomados de plantas similares.
- Estimación de los costos de preventivos y correctivos.

Teniendo en cuenta estos aspectos se determina el período correcto de intervención y la correcta dimensión del área mantenimiento.

3. MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO Y ESTRATEGIA DE LAS 5S

3.1. TPM MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO

3.1.1. Introducción al TPM. Es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El **JIPM** (Japan Institute of Plan Maintenance) define el TPM como un sistema orientado a lograr:

- Cero accidentes
- Cero defectos
- Cero pérdidas

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente. No solo deben participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa. La obtención de las “cero pérdidas” se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa.

Por lo tanto el objetivo del TPM es maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas llevadas a cabo con la participación de todos los empleados.

3.1.2. Origen del TPM. En el mundo de hoy una empresa para poder sobrevivir debe ser competitiva y sólo podrá serlo si cumple con estas tres condiciones:

- Brindar un Producto de óptima conformidad: recordemos que ahora en el argot de las normas ISO ya no se habla de calidad sino de conformidad.
- Tener costos competitivos: una buena gerencia y sistemas productivos eficaces pueden ayudar a alcanzar esta meta.

- Realizar las entregas a tiempo: aquí se aplican los conceptos del JIT, Just in Time o el justo a tiempo.

Cuando nacieron los diferentes sistemas de calidad, de una o de otra manera, todos y cada uno enfocaban su atención en una o varias de las llamadas “5 M”, pero no en todas:

- Mano de obra
- Medio ambiente
- Materia Prima
- Métodos
- Máquinas

Es aquí donde entra en escena un nuevo método denominado TPM que toma en cuenta a las “5 M” y ofrece maximizar la efectividad de los sistemas eliminando las pérdidas.

Mantenimiento Productivo Total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance).

El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de “mantenimiento preventivo” creado en la industria de los Estados Unidos.

Tabla 8. Definición de mantenimiento productivo total

Mantenimiento	Actividad con el objetivo de mantener la eficiencia de las instalaciones y máquinas en el tiempo...
Productivo	...que persigue el objetivo de mejorar la productividad de las instalaciones y máquinas...
Total	... a través del involucramiento activo de todo el personal

3.1.3. Misión del TPM. La misión de toda empresa es obtener un rendimiento económico, sin embargo, la misión del TPM es lograr que la empresa obtenga un rendimiento económico CRECIENTE en un ambiente agradable como producto de la interacción del personal con los sistemas, equipos y herramientas.

También tiene como misión mejorar la cultura empresarial a través de la optimización de los recursos humanos y las máquinas.

3.1.4. Objetivo del TPM. Maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas por la participación de todos los empleados en pequeños grupos de actividades voluntarias.

3.1.5. Beneficios del TPM. Los beneficios que brinda el TPM

ORGANIZATIVOS

- Mejora la calidad del ambiente de trabajo.
- Mejor control de las operaciones.
- Incremento de la moral del empleado.
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Aprendizaje permanente.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y la creatividad sean una realidad.
- Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal.
- Redes de comunicación eficaces.

SEGURIDAD

- Mejorar las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas y de búsqueda de acciones correctivas. potenciales
- Entender el porqué de ciertas normas, en lugar del cómo hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

PRODUCTIVIDAD

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
- Mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Mejorar la calidad del producto final.
- Menor costo financiero por recambios.
- Mejorar la tecnología de la empresa.
- Aumentar la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
- Crear capacidades competitivas desde la fábrica.

3.1.6. Características. Las características del TPM más significativas son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción, y en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

3.1.7. Pilares del TPM. Para tener una mejor perspectiva del significado del TPM hay que entender que éste se sustenta en 8 pilares que a su vez se sustentan sobre la gente.

MEJORA FOCALIZADA

Esta tiene como objetivo eliminar sistemáticamente las grandes pérdidas ocasionadas con el proceso productivo.

Las pérdidas pueden ser:

De los equipos:

- Fallas en los equipos principales
- Cambios y ajustes no programados
- Fallas de equipos auxiliares
- Paradas menores
- Reducción de Velocidad
- Defectos en el proceso
- Arranque

De los recursos humanos:

- Gerenciales
- Movimientos
- Arreglo! acomodo
- Falta de sistemas automáticos
- Seguimientos y corrección

Del proceso productivo:

- De los recursos de producción
- De los tiempos de carga del equipo
- Paradas programadas

Para pasar a otro punto es importante destacar algunas posibles causas de las pérdidas en los equipos, muchas veces ocurre que las máquinas o equipos se deterioran por falta de un buen programa de mantenimiento o simplemente porque los encargados de observar y corregir estas fallas aceptan estas pérdidas; cuando debería ocurrir todo lo contrario, los equipos deberían funcionar bien desde la primera vez y siempre.

3.1.8 Mantenimiento autónomo. La idea del mantenimiento autónomo es que cada operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de su equipo y de este modo prolongar la vida útil del mismo. No se trata de que cada operario cumpla el rol de un técnico de mantenimiento, sino de que cada uno conozca y cuide su equipo, además ¿Quién puede reconocer de forma más oportuna la posible falla de un equipo antes de que se presente? Obviamente el operador calificado, ya que él pasa mayor tiempo con el equipo que cualquier técnico de mantenimiento, él podrá reconocer primero cualquier varianza en el proceso habitual de su equipo.

Por lo tanto: los operadores se hacen cargo del mantenimiento de sus equipos, lo mantienen y desarrollan la capacidad para detectar a tiempo fallas potenciales.

El mantenimiento, autónomo puede prevenir:

- Contaminación por agentes externos
- Rupturas de ciertas piezas
- Desplazamientos
- Errores en la manipulación

Con sólo instruir al operario en:

- Limpiar
- Lubricar
- Revisar

MANTENIMIENTO PLANEADO

La idea del mantenimiento planeado es que el operario diagnostique la falla y la indique con etiquetas con formas, números y colores específicos en la máquina, de forma que cuando el personal de mantenimiento llegue a reparar la máquina, pueda ir directo a la falla y la elimine.

Por lo tanto a este tipo de mantenimiento se lo puede definir como: Un conjunto de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente el proceso.

CAPACITACIÓN

Este tipo de actividad tiene como objetivo aumentar las capacidades y habilidades de los empleados.

CONTROL INICIAL

Objetivo: Reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento. Este control nace después de ya implantado el sistema, cuando se adquieren máquinas nuevas.

MEJORAMIENTO PARA LA CALIDAD

La meta aquí es ofrecer un producto cero defectos como resultado de una máquina que tenga cero defectos, y esto último sólo se logra con la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo. Por lo tanto tiene como objetivo tomar acciones preventivas para obtener un proceso y un equipo cero defectos.

TPM EN LOS DEPARTAMENTOS DE APOYO

El TPM es aplicable a todos los departamentos, en finanzas, en compras, en almacén, etc.

Su objetivo es eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia.

SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE

Aquí lo importante es buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces ocurre que la contaminación en el ambiente de trabajo es producto del mal funcionamiento del equipo, así como muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y por herramientas en el área de trabajo. El objetivo de este pilar es crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación.

3.1.9. Proceso de puesta en marcha del TPM. A continuación vemos la evolución del proceso de implementación del TPM en el que se distinguen claramente tres fases: la de iniciación, la de desarrollo y la de perpetuidad. Cada una de las fases presenta distintas etapas que se explican a continuación.

- **FASE DE INICIACIÓN**

En esta fase podemos distinguir 5 etapas, ellas son:

- Tomar la decisión: La dirección de la empresa desempeña un importante papel en esta instancia ya que es promotora del espíritu y gestión del TPM, por tanto es un miembro activo de la toma de decisión.

Los protagonistas de esta etapa serán: el gerente de ingeniería y el de mantenimiento.

- El contenido de las reuniones de trabajo deberá permitir:
- Promover la decisión de generalizar el TPM
- Posicionar o reposicionar el rendimiento de las instalaciones como un factor de la performance industrial
- Elaborar objetivos, la definición, las características y el proceso de puesta en marcha del TPM
- Desplegar el plan TPM en las áreas
- Diseñar la forma general de la estructura de pilotaje
- Designar el área piloto TPM para el establecimiento
- Conseguir la adhesión de la dirección para:
- Asignación de recursos de personal
- Gestión de problemas prioritarios
- Coherencia con el plan de progreso

El compromiso de la dirección deberá estar formalizado por escrito,
-Informar y formar a todos los cuadros de la empresa

El objetivo de esta etapa es obtener la adhesión de todo el personal al plan de trabajo del TPM decidido por el comité promotor. Hacer de cada miembro un participante activo de la puesta en marcha del TPM, promover una actitud proactiva en todos los involucrados.

La adhesión del personal será lograda por dos tipos de acción:

- Información sobre la motivación y el ordenamiento general del plan TPM decidido por el comité promotor. Esta información puede tomar la forma de una reunión plenaria del personal afectado.
- Formación del personal sobre el contenido general del TPM y el específico del plan de planta.
- Poner en marcha la estructura de comando

En estas instancias es menester definir y poner en marcha una organización y sus reglas de funcionamiento para permitir el comando (pilotaje) permanente de operaciones del TPM.

La estructura de pilotaje y sus reglas de funcionamiento deben ser adaptadas a cada área, esta estructura será puesta en marcha en forma progresiva, ella se

acelerará en función de resultados conseguidos y de la capacidad de los operadores sobre el terreno.

Diagnosticar la situación de cada una de las áreas

El objetivo de esta etapa es evaluar:

- El estado del lugar en materia de rendimiento, de los medios de fabricación y de mantenimiento.
- La madurez y la ampliación del potencial de mejoramiento (técnicas y criterio económico).
- Las fortalezas y debilidades de la organización para abordar el proceso de cambio para ello es necesario el cálculo de algunos indicadores:

INDICADOR: TRABAJO EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Nos señala la relación entre los hombres horas gastados en trabajos programados de mantenimiento preventivo y los hombres horas disponibles, entendiéndose por hombres horas disponibles, aquellos presentes en la instalación y físicamente posibilitados de desempeñar los trabajos requeridos.

$$TB\ MP = \frac{(Totalidad)\ HHMP}{(Totalidad)\ HHDP}$$

INDICADOR: TRABAJO EN MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es la relación entre los hombres horas gastados en reparaciones de mantenimiento correctivo y los hombres horas disponibles.

$$TB\ MC = \frac{(Totalidad)\ HHMC}{(Totalidad)\ HHDP}$$

INDICADOR: TRABAJO EN MANTENIMIENTO EN LÍNEA

Es la relación entre los hombres horas gastados en asistencia en línea y los hombres horas disponibles.

$$TB\ MCL = \frac{(Totalidad)\ HHML}{(Totalidad)\ HHDP}$$

Elaborar un Programa

Esta etapa tiene por finalidad la elaboración de un programa de trabajo a implementar en la línea piloto de TPM y tendrá en particular:

- El calendario
- Los recursos de animación y pilotaje
- Las modalidades de pilotaje

- Las necesidades en cuanto a asistencia exterior
- La evaluación global de los costos de reposición a nivel de los equipos
- Un balance provisional global, cualitativo y cuantitativo

FASE DE DESARROLLO

Esta fase se completa con 4 etapas, veamos cada una de estas.

Poner en marcha el programa

- El desafío de esta etapa es informar a todo el personal sobre el contenido y la modalidad de puesta en marcha del programa TPM en un sector delimitado.
- Esta etapa marca el fin de la reflexión preparatoria, la misma oficializa la apertura de la aplicación piloto en el sector elegido.
- La comunicación que materializa esta etapa deberá permitir:
 - Explicar el objetivo del TPM
 - Mostrar como las operaciones van a ser aplicadas en forma progresiva
 - Explicar la forma en que cada una de ellas estará asociada a la acción

Analizar y eliminar las causas de fallas (averías y setup)

El objetivo de esta etapa es eliminar las principales causas de pérdida de rendimiento, hacer realidad los beneficios de la productividad y obtener la sólida adhesión del personal a la gestión.

Las principales causas de pérdida de rendimiento de un equipo son:
(Agrupación de las pérdidas en función de los efectos que provocan)

- Perdidas por fallas: son causadas por defectos de los equipos que requieren de alguna clase de reparación. Estas perdidas consisten de tiempos muertos y los costos de las partes y mano de obra requerida para la reparación. La magnitud de la falla se mide por el tiempo muerto causado.
- Perdida de set-up y de ajustes: son causadas por cambios en las condiciones de operación, como el empezar una corrida de producción, el empezar un nuevo turno de trabajadores. Esta perdidas consisten de tiempos muertos, cambios de moldes o herramientas, calentamientos y ajustes de las máquinas. Su magnitud se mide por tiempo muerto.
- Perdidas debido a paros menores: son causadas por interrupciones a las maquinas, atoramientos o tiempos de espera. En general no se pueden registrar estas perdidas directamente, por lo que se utiliza el porcentaje de utilización (100% menos el porcentaje de utilización), en este tipo de perdida no se daña el equipo.

- Pérdida de velocidad: son causadas por reducción de la velocidad de operación, debido que a velocidades más altas, ocurren defectos de calidad y paros menores frecuentes.
- Perdidas de defectos de calidad y retrabajos: son productos que están fuera de las especificaciones o defectuosos, producidos durante operaciones normales, estos productos, tienen que ser retrabajados o eliminados. Las perdidas consisten en el trabajo requerido para componer el defecto o el costo del material desperdiciado.
- Pérdida de rendimiento: son causada por materiales desperdiciados o sin utilizar y son ejemplificada por la cantidad de material regresado o tirado. Esta etapa se divide en dos partes:

Tabla 9. Cuadro de pérdidas y efectos

Pérdidas	Efectos
1. Averías	Tiempos muertos
2. Preparaciones y ajustes	
3. Tiempo en vacío y paradas cortas	Caídas de velocidad
4. Velocidad reducida	
5. Defectos de calidad y reproceso	Defectos
6. Puesta en marcha	

Eliminar las averías

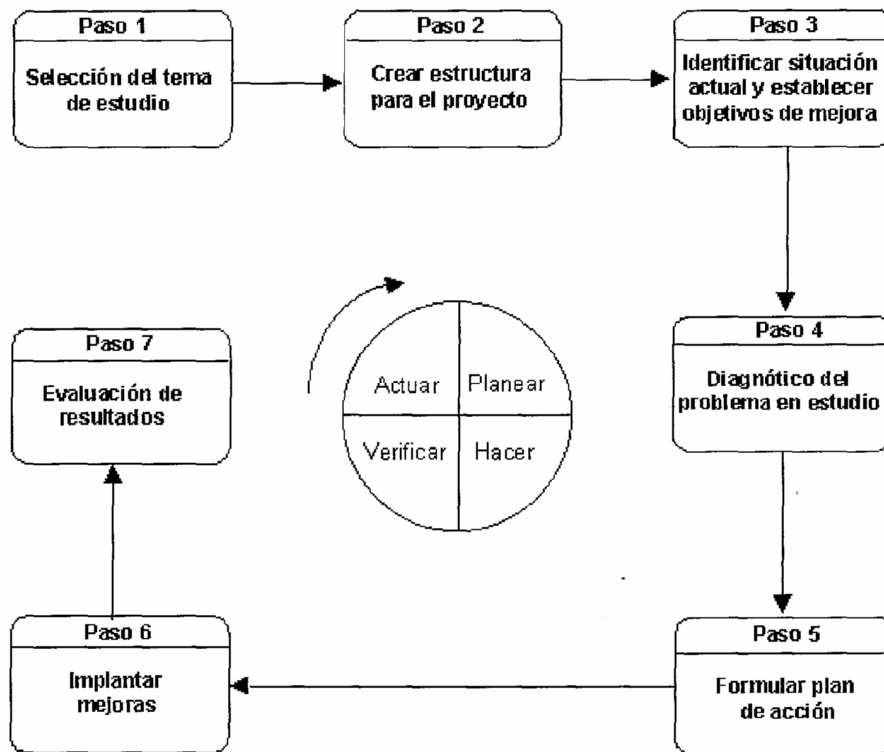
Las técnicas TPM ayudan a eliminar dramáticamente las averías de los equipos.

Para eliminar las averías de los equipos conviene realizar acciones de mejoras enfocadas siguiendo los pasos del conocido Ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

Para su implementación se debe:

- Recolectar datos
- Analizar los datos
- Utilizar los métodos de resolución de problemas
- Resolver los problemas planteados
- Controlar los resultados
- Resumen del método para eliminar las averías

Figura 17. Ciclo phva



Eliminar pérdidas debidas a preparaciones SETUP

Trataremos en este punto el tiempo empleado en la preparación o cambio de útiles y herramientas y los ajustes necesarios en las máquinas para atender los requerimientos de la producción de un nuevo producto o variante del mismo.

Es necesario minimizar el tiempo invertido en todo ello, a continuación comentaremos la técnica SMED (Single Minute Exchange Setting), cuyo objetivo es la ejecución de la preparación completa en la que el equipo permanece parado, en un tiempo inferior a 10 minutos (single minute tiempo en minutos de un solo dígito).

Las operaciones de preparación de las máquinas para acometer una nueva actividad de producción, suponen un conjunto de operaciones que deben realizarse a máquina parada (MP) junto a otras que se realizan fuera de las mismas y que pueden llevarse a cabo a máquina en marcha (MM). El tiempo consumido a máquina parada es el objetivo básico de la reducción.

Dentro de este tiempo se llevan a cabo operaciones de:

- Preparación
- Montaje

- Ajuste

La clave de las técnicas SMED y sus espectaculares logros se centran en solapar tres tipos de acciones:

- Minimizar la cantidad de operaciones a MP y convertir la mayor cantidad de estas que sean posibles en operaciones a MM. Así por ejemplo se puede determinar qué herramientas deberán utilizarse para un lote nuevo de producción, recogerlas y traerlas a pie de máquina en marcha para la preparación de la nueva producción.
- Reducir los tiempos de las operaciones de preparación, en especial las que se llevan a cabo a MP, las operaciones de fijación y ajuste en particular, pueden ser objeto de importantes reducciones de tiempo.
- Simultanear operaciones no necesariamente secuenciales, es decir que todas aquellas operaciones que se pueden efectuar a la vez no deben esperar.

La clave estará en dividir la preparación en operaciones externas y operaciones internas (operaciones que se hacen a MP) tratando de convertir siempre que sea posible operaciones internas en externas.

Una propuesta para reducir el tiempo invertido en los ajustes es centrarse en mejorar el mecanismo después de una preparación de la máquina.

Para avanzar en el objetivo de reducir los tiempos las siguientes etapas son necesarias:

- Identificar las razones por las que debe hacerse un ajuste.
- Determinar si el ajuste es necesario o inevitable.
- Determinar la naturaleza del ajuste y los principios en que se basa.
- Determinar las causas que han originado la necesidad del ajuste.
- Decidir si el ajuste es definitivamente evitable o no y actuar.

Desarrollar el mantenimiento autónomo.

El TPM se integra en la filosofía de considerar los distintos departamentos como unidades autónomas, independientes e interrelacionadas y con objetivos de mejora medibles, la gestión del TPM se acercará a los principios de lo que se denomina Mantenimiento autónomo.

Cada una de las células productivas de la empresa se podrá gestionar bajo los principios del TPM con la alta dirección totalmente involucrada, pero estructuradas en grupos de trabajo con objetivos convergentes cada uno de ellos, hacia los de la alta dirección.

Con el mantenimiento autónomo incluido en el TPM, la gestión de los equipos y su mantenimiento se sitúa al nivel de los sistemas de gestión de la producción y de calidad más avanzados, eficientes y competitivos, como lo son la producción

ajustada y el TQM. Para estos sistemas son primordiales la flexibilidad, la producción en series cortas, entregas cada vez más rápidas y la reducción de costos de las actividades.

En el mantenimiento autónomo el operario de producción asume tareas de mantenimiento productivo que contemplan: la limpieza, el mantenimiento preventivo de primer nivel (básico) y la de la inspección del equipo.

Las tareas de mantenimiento autónomo se llevarán a cabo por grupos de operarios que tendrán a su cargo una o varias máquinas. La gestión de los equipos entra en la dinámica mejorando simultáneamente los tres componentes de la competitividad:

- Calidad mejorada: si el operario productivo combina el correcto funcionamiento de su equipo con la actividad de producción obtendrá mejores productos y mayor productividad.
- Costo reducido: la ejecución de tareas de mantenimiento desde el puesto de producción, reducirá con seguridad los costos por aumento del valor fijado por persona, además con la previsión de fallos del equipo antes de que se produzcan, junto al mantenimiento diario sostenido, se evitarán problemas que redundarán indudablemente en costos.
- Tiempo reducido: la adopción del mantenimiento autónomo permite incorporar a la producción la flexibilidad, la adaptación rápida a diversos productos y la ejecución de series cortas con tiempos de preparación más rápidos, además aquí también la adecuada previsión de fallos de los equipos y su mantenimiento diario posibilitan que éste se halle rápidamente y en mayor proporción de tiempo a disposición de la producción (aumenta la disponibilidad) lo que reducirá el tiempo de proceso.

La filosofía básica del mantenimiento autónomo es que la persona que opera con un equipo productivo se ocupe de su mantenimiento.

Como podrá apreciarse es en limpieza y mantenimiento diario donde podemos implantar la mayor cantidad de actividades de mantenimiento autónomo.

Preparación: Se deben definir las operaciones de primer nivel a realizar sistemáticamente por el personal de fabricación.

Las operaciones típicas de este nivel pueden dividirse en dos grandes grupos:

Higienización: Se sugiere la aplicación del método de las "5S".

Vigilancia: Reglajes de elementos de máquina y útiles, reparación.

Higienización: Limpieza del entorno (suelo sin piezas, sin restos de embalajes, orden en elementos de manutención, etc.) y limpieza de elementos delicados (detectores, foto detectores, barreras luminosas, órganos de seguridad, elementos estructurales de máquina, etc.). Para realizar estas tareas en forma

ordenada y siguiendo una metodología es conveniente tomar herramientas de la Estrategia de las "5S", que se basa en:

Clasificar (Seiri), orden (Seiton), limpieza (Seiso), limpieza estandarizada (Seiketsu), disciplina (Shitsuke), metodología que desarrollaremos muy básicamente más adelante.

Vigilancia: manómetros, caudalímetros, voltímetros, amperímetros, termómetros, indicadores y relojes varios, niveles de fluidos, calentamientos atípicos, vibraciones y ruidos.

Reglajes de elementos de máquina y útiles: reaprietes, reposiciones o recambios sencillos, pequeños ajustes, engrases diversos, etc.

Reparación: cambio de elementos normalizados, fugas de agua o aire, iniciación de ciclos automáticos, colocación de elementos simples.

Desarrollar mantenimiento programado

El objetivo de esta etapa es definir y aplicar/optimizar los contenidos técnicos precisos de mantenimiento para:

- Cubrir las zonas no tratadas por el mantenimiento autónomo
- Asegurar el mantenimiento del estado de los equipos
- Administrar la revisión de las gamas de preventivo a lo largo de la vida útil del equipo.

Debemos hacer notar que es muy necesaria la realización de este último punto para el mantenimiento preventivo.

Esta etapa se desarrolla/optimiza en el seno de los servicios técnicos de mantenimiento.

El contenido de revisión del mantenimiento preventivo se apoya sobre: la documentación y recomendación de proveedores, análisis de las fallas reales y fallas potenciales.

PERPETUIDAD

En esta última fase se ubican las tres últimas etapas del TPM:

Mejorar la técnica

La finalidad de esta etapa es consolidar y perpetuar lo adquirido mediante el perfeccionamiento continuo del personal de explotación y mantenimiento.

Esta etapa tiende a la profesionalización de los protagonistas

Integrar experiencias en la concepción de nuevas máquinas

Esta etapa tiene como objetivo aplicar las mejoras continuas realizadas en los medios de producción en la concepción de los

nuevos equipos y concierne a las funciones de mantenimiento, fabricación y métodos.

Siendo su finalidad:

- Encarar estudios de modificaciones de concepción del medio existente en función de los problemas identificados en el curso de las fases precedentes. Estas nuevas modificaciones parten desde el estado de referencia y en dirección a un mejor desarrollo, tiempos de ciclo, mantenibilidad (o tiempo entre dos fallas), fiabilidad (cantidad de fallas medidas en el tiempo).
- Poner a disposición permanente del constructor de medios las informaciones útiles a las fallas a prevenir en las nuevas instalaciones que deberá corregir antes que arriben a las áreas.

VALIDAR EL TPM

El objetivo de esta etapa es certificar el trabajo positivo realizado por los equipos actuantes y distinguir a sus actores. Identificar claramente un estado de desarrollo y de funcionamiento de la organización, de fabricación y de mantenimiento, que deberán ser conservadas en el tiempo.

Se realizarán auditorías periódicamente por la dirección superior de la empresa. Se analizan los resultados en términos del grado de logro de los objetivos propuestos, así como los avances de la implementación. En el caso que sea necesario se tomarán acciones correctivas sobre los puntos débiles de la gestión.

3.2. ESTRATEGIA DE LAS 5 S

Se llama estrategia de las 5S porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienzan con S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar.

Estas cinco palabras son:

- Clasificar (**Seiri**)
- Orden (**Seiton**)
- Limpieza (**Seiso**)
- Limpieza Estandarizada (**Seiketsu**)
- Disciplina (**Shitsuke**)

Las cinco “S” son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado en empresas occidentales.

En el texto siguiente se muestra la relación de las 5S y sus beneficios.

SEIRE - CLASIFICAR

Seiri o clasificar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor.

Con este pensamiento eliminamos elementos que molestan, quitan espacio y estorban, ya que estos perjudican el control visual, impiden la circulación por las áreas de trabajo, inducen a cometer errores en el manejo de materias primas y en numerosas oportunidades pueden generar accidentes en el trabajo.

La primera "S" de esta estrategia aporta métodos y recomendaciones para evitar la presencia de elementos innecesarios. El Seiri consiste en:

- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo.
- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar información innecesaria y que nos puede conducir a errores de interpretación o de actuación.

BENEFICIOS DEL SEIRE:

La visión completa de las áreas de trabajo permite observar el funcionamiento de los equipos, máquinas y las salidas de emergencia, logrando que el área de trabajo sea más segura.

La práctica del Seiri además de los beneficios en seguridad permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas.
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- Mejorar el control visual de stocks de repuestos y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado.
- Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos.

SEITON - ORDENAR

Seiton consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad.

Una vez que hemos eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que necesitamos con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retomo al sitio una vez utilizados.

Seiton permite:

-
- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar.
- Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro.
- En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.
- Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza.
- Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles.
- Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción.

BENEFICIOS DEL SEITON PARA EL TRABAJADOR:

- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo.
- Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.
- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- La presentación y estética de la planta se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.
- Se libera espacio.
- El ambiente de trabajo es más agradable.
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente para los de alto riesgo.

BENEFICIOS ORGANIZATIVOS:

- La empresa puede contar con sistemas simples de control visual de materiales y materias
- Eliminación de pérdidas por errores.
- Mayor cumplimiento de las órdenes de trabajo.
- El estado de los equipos se mejora y se evitan averías.
- Se conserva y utiliza el conocimiento que posee la empresa.
- Mejora de la productividad global de la planta.

SEISO - LIMPIAR

Seiso significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica.

Desde el punto de vista del TPM, Seiso implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de fuga. Esta palabra japonesa significa defecto o problema existente en el sistema productivo.

La limpieza se relaciona estrechamente con el buen funcionamiento de los equipos y la habilidad para producir artículos de calidad. La limpieza implica no únicamente mantener los equipos dentro de una estética agradable permanentemente, Seiso implica un pensamiento superior a limpiar. Exige que realicemos un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones de raíz para su eliminación, de lo contrario, sería imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo. Se trata de evitar que la suciedad, el polvo, y las limaduras se acumulen en el lugar de trabajo.

Para aplicar Seiso se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumirse la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: “la limpieza es inspección”.
- Eliminar la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento.
- El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo.
- No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

BENEFICIOS DEL SEISO:

- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza.
- La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo.
- Se reducen los desperdicios de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.
- La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

SEIKETSU - ESTANDARIZAR

Seiketsu es la metodología que nos permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras “5”. Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con nuestras acciones.

Seiketsu implica elaborar estándares de limpieza y de inspección para realizar acciones de autocontrol permanente. “Nosotros debemos preparar estándares para nosotros”. Cuando los estándares son impuestos, estos no se cumplen satisfactoriamente, en comparación con aquellos que desarrollamos gracias a un proceso de formación previo.

Desde décadas conocemos el principio escrito en numerosas compañías y que se debe cumplir cuando se finaliza un turno de trabajo: “Dejaremos el sitio de trabajo limpio como lo encontramos”. Este tipo de frases sin un correcto entrenamiento de estandarización y sin el espacio para que podamos realizarlos, difícilmente logran comprometer al empleado en su cumplimiento.

Seiketsu o estandarización pretende...

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S.
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.
- Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal.
- En lo posible se deben emplear fotografías de como se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado.
- El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento.
- Las normas de limpieza, lubricación y aprietes son la base del mantenimiento autónomo (Jishu Hozen).

BENEFICIOS DEL SEIKETSU:

- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Los operarios aprenden a conocer en profundidad el equipo.
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares.
- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

SHITSUKE – DISCIPLINA

Shitsuke o Disciplina significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo. Podremos obtener los beneficios alcanzados con las primeras “S” por largo tiempo si se logra crear un ambiente de respeto a las normas y estándares establecidos.

Las cuatro “S” anteriores se pueden implantar sin dificultad si en los lugares de trabajo se mantiene la Disciplina. Su aplicación nos garantiza que la seguridad será permanente, la productividad se mejore progresivamente y la calidad de los productos sea excelente.

Shitsuke implica un desarrollo de la cultura del autocontrol dentro de la empresa. Si la dirección de la empresa estimula que cada uno de los integrantes aplique el Ciclo Demingo en cada una de las actividades diarias, es muy seguro que la práctica del Shitsuke no tenga ninguna dificultad.

El Shitsuke es el puente entre las 5S y el concepto Kaizen o de mejora continua. Los hábitos desarrollados con la práctica del ciclo PHVA se constituyen en un buen modelo para lograr que la disciplina sea un valor fundamental en la forma de realizar un trabajo.

Shitsuke implica:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.

BENEFICIOS DEL SHITSUKE:

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- La disciplina es una forma de cambiar hábitos.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- La moral en el trabajo se incrementa.
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

Algunas empresas aparte de aplicar estas 5S ya vistas, complementan la aplicación del sistema con la filosofía de otras 4S que a continuación se detallan:

SHIKARI - CONSTANCIA

Es la capacidad de una persona para mantenerse firmemente en una línea de acción. La voluntad de lograr una meta. Existe una palabra japonesa “konyo” que en castellano traduce algo similar a la entereza o el estado de espíritu necesario para continuar en una dirección hasta lograr las metas.

La constancia en una actividad, mente positiva para el desarrollo de hábitos y lucha por alcanzar un objetivo. Todo esto es Shikari.

SHITSUKOKU - COMPROMISO

Es cumplir con lo pactado. Los procesos de conversación generan compromiso. Cuando se empeña la palabra se hace todo el esfuerzo por cumplir. Es una ética que se desarrolla en los lugares de trabajo a partir de una alta moral personal.

Algunas personas logran ser disciplinadas y constantes (5 S y 6a S). Sin embargo, es posible que las personas no estén totalmente comprometidas con la tarea.

Shitsukoku significa perseverancia para el logro de algo, pero esa perseverancia nace del convencimiento y entendimiento de que el fin buscado es necesario, útil y urgente para la persona y para toda la sociedad.

SEISHOO - COORDINACION

Esta 5 tiene que ver con la capacidad de realizar un trabajo con método y teniendo en cuenta a las demás personas que integran el equipo de trabajo.

Busca aglutinar los esfuerzos para el logro de un objetivo establecido. Se trata de lograr que los músicos de una orquesta logren la mejor interpretación para el público, donde los instrumentos principales y secundarios actúan bajo una sincronización perfecta de acuerdo a un orden establecido en la partitura.

Esto mismo debe ser el trabajo en una empresa. Los equipos deben tener métodos de trabajo, de coordinación y un plan para que no quede en lo posible nada a la suerte o sorpresa. Los resultados finales serán los mejores para cada actor en el trabajo y para la empresa.

SEIDO - SINCRONIZACION

Para mantener el ritmo de la interpretación musical, debe existir una partitura. En el trabajo debe existir un plan, normas específicas que indiquen lo que cada

persona debe realizar. Los procedimientos y estándares ayudarán a armonizar el trabajo. Seido implica normalizar el trabajo.

4. GESTION DE MANTENIMIENTO

4.1. PAPEL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

El papel de la gestión de mantenimiento se basa en actuar sobre todos los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa.

El departamento de mantenimiento no debe limitarse solamente a la reparación de las instalaciones, sino también debe monitorear los costos de mantenimiento, recursos humanos y almacenes a fin de desarrollar una óptima gestión de mantenimiento.

4.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN EN MANTENIMIENTO

La implementación de la gestión en mantenimiento, tiene como primera fase definir un plan directriz de actuación.

Este plan debe establecer la descripción de las diferentes etapas que se llevarán a cabo para la implementación definitiva de la gestión de mantenimiento, que deberá guardar coherencia con el plan estratégico de la empresa.

4.3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

Para la elaboración del plan es necesario realizar un análisis de la situación de la empresa y de su entorno, las características de funcionamiento y los recursos con que cuenta.

Interesa conocer cuáles son las instalaciones de la empresa, sus características particulares, el estado de situación del almacén de repuestos y sus recursos, como así también los recursos humanos.

4.4. EL PLAN DE MANTENIMIENTO

Para realizar el plan es conveniente aplicar el método por fases denominado P.H.V.A. que se basa en la aplicación de un proceso de acción cíclica que consta de cuatro fases fundamentales, P.H.V.A. significa:

P = Planear

H = Hacer

V = Verificar

A = Actuar

En base a este proceso se desarrolla el plan directriz de actuación, que consta de las siguientes etapas:

Planear: en base a la situación actual y los recursos de que se disponen, debemos definir los objetivos que queremos cumplir con la gestión de mantenimiento y realizar el plan de mantenimiento, fijar los objetivos, e ir avanzando y asegurando cada uno de ellos, cuanto más concreto sea el objetivo a cumplir, será más fácil alcanzarlo.

Hacer el plan: una vez fijado el punto de partida y los objetivos a los que se quiere llegar, debemos gestionar los recursos disponibles para lograrlos.

Verificar: es necesario evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, el control de los resultados se realizará en comparación con las metas prefijadas.

Actuar: si existen desviaciones entre el modelo prefijado y los resultados, se debe proceder a corregir actuando sobre la planificación y la ejecución, estableciéndose así la retroalimentación al sistema.

4.5. PLAN ESTRATÉGICO

El plan estratégico es la exposición dinámica del diagnóstico del servicio de mantenimiento.

Es un conjunto de informaciones seleccionadas y ordenadas que caracterizan el estado y evolución del servicio de mantenimiento.

De allí que el plan estratégico es el producto final de un sistema integrado de información para el control de gestión, su función es informar a la dirección, a través de indicadores, la marcha de la gestión, el grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos, tácticos y operativos.

4.5.1. Metodología para la definición del plan estratégico. Para la elaboración de un plan estratégico es necesario seguir un método adecuado y es por ello que proponemos cumplir con los peldaños que a continuación proponemos:

- - Conocer y entender cuál es la principal actividad, comprender la visión, la misión, la estrategia, los recursos humanos, técnicos, financieros, e infraestructura.
 - Detectar las áreas importantes donde se realizará el diagnóstico y reconocer: áreas de éxito, aquellas que crean ventajas competitivas, y áreas de riesgo que son aquellas en las que se encuentran las debilidades.
 - Definir los factores de éxito de cada área de diagnóstico.
 - Definir los indicadores que representan los factores de éxito.
 - Definir las relaciones entre datos que provienen de la información básica, capaces de generar los indicadores del tablero.
 - Definir los cuestionarios que permitan evaluar los aspectos cualitativos más importantes para el diagnóstico.
 - Determinar los límites dentro del cual debe encontrarse el valor de un indicador para ser considerado una fortaleza o una debilidad.
 - Establecer la dirección y sentido de las tendencias de los indicadores.

- Presentar gráficos y cuadros que muestren la información de manera que su lectura resulte rápida y de comprensión directa.
- Establecer los medios de validación de la información básica primaria.
-

4.5.2. Análisis del plan estratégico. De su análisis se podría deducir:

- Si el trayecto en general de la misión se mantiene dentro de un rumbo prefijado.
- Si los resultados de las tácticas implementadas son los esperados o se han salido fuera de tolerancia.
- Qué objetivos deberían ser revisados o cambiados.
- Quién o quiénes han tenido un desempeño por encima o por debajo de lo previsto.

Logrado el primer objetivo del control de gestión que consiste en definir la información, será necesario asegurar el mantenimiento y validación permanente de esa información.

Para esto el control de gestión debe procederse a convertir ese cúmulo de información simple en información secundaria, más pulida, más apropiada para la toma de decisiones tanto tácticas como estratégicas.

La información secundaria es la que reside en el plan estratégico.

A fin de administrar y ordenar la información, podemos dividirla en tres etapas:

- La primera etapa consiste en crear y mantener la información básica.
- La segunda consiste en el manipuleo y cruzamiento de los índices y evaluaciones. En él, se exponen los sensores encargados de vigilar la marcha de la organización, brindando en tiempo y forma las mediciones necesarias para contar con el adecuado diagnóstico de la situación.
- La tercera etapa implica una tarea mucho más compleja y comprometida: consiste en aplicar una suma de conocimientos, experiencia e idoneidad, para extraer conclusiones válidas y certeras acerca del significado de los indicadores obtenidos.

Si tenemos en cuenta las variables, índices y evaluaciones es conveniente referirse a tres perspectivas de tiempo fundamentales:

- 1) La historia ¿Cómo ha evolucionado la situación de los índices y variables través del tiempo, antes del presente?
- 2) El presente ¿Cuál es la situación real de hoy?
- 3) La tendencia hacia el futuro ¿Cómo se piensa que evolucionarán esos mismos indicadores y variables en el futuro?

4.5.3. Índices de mantenimiento. Un índice es un indicador del plan estratégico formado por la relación de dos dimensiones cuantificadas que pueden ser de naturalezas diferentes.

$$\text{Ejemplo} = \frac{\text{Gasto Total de Mantenimiento}}{\text{Unidades de Producción}}$$

El indicador permite la comparación de datos externos o internos

A continuación veremos a modo de ejemplo algunos ratios

Indicador de Costo de Mantenimiento por Facturación.

Este índice nos expresa la relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el período considerado.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP}$$

Su cálculo es fácil dado que los valores, tanto del numerador como del denominador, son normalmente procesados por el área de contabilidad de la empresa.

Indicador de Progreso en los Esfuerzos de Reducción de Costos.

Este índice expresa la relación entre el trabajo en mantenimiento programado y el índice anterior.

$$PERC = \frac{TBMP}{CMFT}$$

Indica la influencia de la mejoría o empeoramiento de las actividades de mantenimiento bajo control (TBMP) con relación al costo de mantenimiento por facturación, habiendo sido originalmente definido teniendo en el denominador el índice de componente del costo de mantenimiento arriba indicado.

Indicador de mano de obra externa.

El presente índice revela la relación entre los gastos totales de mano de obra externa como contratación eventual y/o gastos de mano de obra proporcional a los servicios de contratos permanentes, y la mano de obra total empleada en los servicios- (propios y contratados), durante el período considerado.

$$CMOE = \frac{(\text{Totalidad})CMOC}{(\text{Totalidad})(CMOC + CMOP)}$$

En el cálculo de éste pueden ser considerados todos los tipos de mano de obra externa o por especialización.

La incidencia constante de valores diferentes a cero para este índice puede indicar que el cuadro de personal de ejecución es insuficiente o mal preparado para algunas actividades.

Indicador De Costos De Mantenimiento Por Producción

Este indicador nos muestra la influencia que tiene el costo de mantenimiento en el costo final del producto normalmente puede rondar el 5% a 12%.

$$CMPP = \frac{\text{Costos de Mantenimiento Totales}}{\text{Costos de Producción}}$$

Indicador De Costos De Mantenimiento Por Valor Inmovilizado

Este indicador muestra la relación entre el costo de mantenimiento y el valor inmovilizado, nos pone de manifiesto el grado de envejecimiento de la instalación a mantener, puede rondar entre el 4% y el 5%.

$$CMPV = \frac{\text{Costos de Mantenimiento Totales}}{\text{Valor Inmovilizado Bruto (Máquinas y equipos)}}$$

Indicador De Costos De Mantenimiento Preventivos Por Mantenimientos Totales

Este indicador pone de manifiesto el grado de utilización de técnicas preventivas frente a las correctivas, este puede rondar el 20%.

$$CPCT = \frac{\text{Costo del Preventivo}}{\text{Costos Totales de Mantenimiento (preventivo + correctivo)}}$$

Indicadores De Mano De Obra

Horas de paro por horas realizadas

Este indicador nos muestra la relación entre las horas empleadas para la producción y las de paro del equipo por averías. Al tomar las horas de paro en lugar del número de averías introducimos en la relación un concepto de gravedad de las averías. Al tomar las horas de producción realizadas, también estamos considerando la tasa de inutilización del equipo la cual generalmente oscila entre el 1% y el 3%.

$$HPHP = \frac{\text{Horas de Paro por Mantenimiento}}{\text{Horas de Producción Realizadas}}$$

Trabajo En Mantenimiento Preventivo

Nos señala la relación entre las horas hombres gastados en trabajos programados en mantenimiento preventivo y las horas hombres disponibles, entendiéndose por horas hombres disponibles, aquellos presentes en la instalación y físicamente posibilitados de desempeñar los trabajos requeridos.

$$TB MP = \frac{(Totalidad) HHMP}{(Totalidad) HHDP}$$

Es la relación entre las horas hombres gastados en reparaciones de mantenimiento correctivo y las horas hombres disponibles.

$$TBCM = \frac{(Totalidad) HHMC}{(Totalidad) HHDP}$$

Otras Actividades Del Personal De Mantenimiento

Indica la relación entre las horas hombres gastados en actividades no ligadas a el mantenimiento de los equipos de la unidad de producción, que llamamos servicios de apoyo, y las horas hombres disponibles.

$$OAPM = \frac{(Totalidad) HHSA}{(Totalidad) HHDP}$$

Ociosidad Del Personal De Mantenimiento

Demuestra la relación entre la diferencia de las horas hombres disponibles menos las horas hombres trabajadas sobre los hombres horas disponibles, indicando por lo tanto, cuanto del tiempo del personal no fue ocupado en ninguna actividad.

$$OCPM = \frac{(Totalidad)[HHDP - HHTM]}{(Totalidad) HHDP}$$

Exceso De Servicio Del Personal De Mantenimiento

Nos muestra la relación entre la diferencia de las horas hombres trabajadas y disponibles, y las horas hombres disponibles, indicando por lo tanto, cuanto del tiempo del personal fue ocupado por arriba de la carga normal de trabajo.

$$ESPM = \frac{(Totalidad)[HHTP - HHDP]}{(Totalidad) HHDP}$$

Personal, Gasto En Entrenamiento Interno

Nos da la relación entre las horas hombres utilizadas en entrenamiento interno y las horas hombres disponibles.

$$PETI = \frac{(Totalidad) HHEI}{(Totalidad) HHDP}$$

Efectivo Real O Efectivo Medio Diario

Demuestra la relación entre las horas hombres apartados por vacaciones, accidentes, enfermedades, salidas permitidas con pago, entrenamiento externo, apoyo a otra área y faltas no pagadas y las horas hombres efectivas.

$$EFMD = \frac{(Totalidad)_{HHAF}}{(Totalidad)_{HHEF}}$$

El valor simétrico de éste índice ($1 - EFMD$), muestra la fuerza de trabajo real del período, toda vez que pasará a relacionar las horas hombres disponibles en relación al efectivo. Su cálculo puede indicar la necesidad de un estudio del plan de vacaciones -elemento que más influye en el cálculo del numerador-, o la incidencia de otro evento como accidente, faltas no pagadas, etc., que requiera la atención del supervisor.

4.6. CONTROL DE GESTIÓN

El control de gestión es el conjunto de indicadores que señalan oportunamente la necesidad de ajustar la acción a través de decisiones extraordinarias o ajustar los planes vigentes.

4.6.1. Los objetivos del control de gestión. Garantizar que las acciones y decisiones correspondan a los objetivos de mantenimiento y no a intereses sectoriales o personales.

- Proporcionar una rápida visión de conjunto integral.
- Verificar el cumplimiento de los objetivos planificados.
- Ayudar a la toma de decisiones de acción y replanteamiento.
- Utilización eficiente de recursos.
- Encaminar los esfuerzos en forma coherente en dirección a los objetivos de la organización.
- Optimizar los sistemas de comunicación.
- Coordinación eficiente de tareas y procedimientos.
- Promover el estilo de dirección participativo.

Factores que inciden en un sistema de control de gestión

Los factores que inciden en un sistema de control de gestión están ligados al ritmo del cambio e innovaciones, al tiempo que es necesario para conocer la reacción ante una determinada acción y a la variedad y cantidad de centros de responsabilidad.

Los ámbitos de aplicación de control son los centros de costos, los de beneficios y aquellos en que por el tipo de empresa, sean relevantes.

En estos sistemas es importante, la eficacia del sistema de contabilidad como instrumento de dirección, la subsistencia de incentivos como base de motivación, la identificación de puntos clave de control, la selección de indicadores adecuados, la definición de parámetros de comparación y la asignación de atributos para cada indicador.

4.6.2. Instrumentos de un sistema de control de gestión. Dentro de los más útiles y frecuentes podemos mencionar al diagrama de proceso, flujo, forma y procedimientos, el diagrama de disposición de máquinas, el cuestionario de eficiencia operativa, el de estudio de tiempos y métodos y el de validación de controles por técnicas de muestreo.

4.6.3. Conclusiones. El control de la gestión, es la herramienta que la dirección necesita, importante para encarar con posibilidades de éxito y luchar por la competitividad, la rentabilidad y la eficiencia.

El informe de la gestión, se nutre a partir de los datos presentes en el sistema de información, ofrece el tablero de control como elemento fundamental para el diagnóstico y la toma de decisiones.

4.7. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Tenemos que destacar la importancia que tiene en mantenimiento conseguir que los costos sean lo más bajo posible.

El costo de mantenimiento en las reparaciones es un componente -entre otros- del precio del producto, independientemente de la gestión del mantenimiento, por lo tanto siempre existirán gastos que se deben asumir, y veremos como influyen los gastos de mantenimiento en los costos generales de la empresa.

Los costos de mantenimiento de un producto se sitúan sobre el 5-12 % del total.

4.7.1. Los costos y su división. Los costos de mantenimiento según los diferentes aspectos, podemos agruparlos en cuatro bloques:

CFJ: Costos Fijos

CV: Costos Variables

CFN: Costos Financieros

CFA: Costo por Falla

4.7.2. Costos fijos. La principal característica de estos costos es que no dependen del volumen de la producción y de las ventas.

Dentro de estos costos podemos destacar el personal administrativo, el de limpieza, la mano de obra indirecta, las amortizaciones, los alquileres y el propio de mantenimiento, entre otros.

Estos costos fijos de mantenimiento están compuestos, principalmente, por la mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo.

Este gasto tiende a asegurar el estado de la instalación a medio y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo, limita la cantidad del mantenimiento preventivo aunque en un primer momento supone un

ahorro para la empresa. Este ahorro implica un menor índice de fiabilidad en el estado de las máquinas, equipos, instalaciones y sistemas.

4.7.3. Costos variables. Estos costos son proporcionales a la producción realizada, es decir que son costos que como su nombre lo indica varían conforme a la producción.

Dentro de estos costos se encuentran los de embalaje, materias primas, energía, etc. y los costos variables de mantenimiento, como por ejemplo la mano de obra directa necesaria para el mantenimiento correctivo. Este mantenimiento puede producirse por consecuencia de las averías imprevistas o por las reparaciones que debamos realizar por indicación de los otros tipos de mantenimiento.

Resulta difícil reducir este tipo de erogación en mantenimiento, ya que está directamente ligado a la necesidad de efectuar una reparación para poder seguir produciendo, no obstante se puede reducir este tipo de gasto evitando que se produzcan averías en forma inesperada.

4.7.4. Costos financieros. Los costos del almacenamiento de los repuestos en el almacén, necesarios para poder realizar las reparaciones implican un desembolso de dinero para la empresa, que limita su liquidez. Si los repuestos son utilizados con cierta frecuencia nos encontramos con un costo financiero bajo, dado que esta inversión contribuye a mantener la capacidad productiva de la instalación. Sin embargo, cuando las piezas de recambios tardan mucho tiempo en ser utilizados, estamos frente a un costo financiero alto, ya que no produce ningún beneficio para la empresa.

Dentro de estos costos financieros debe tenerse en cuenta el costo que supone tener ciertas instalaciones o máquinas duplicadas para obtener una mayor fiabilidad, para ello es necesario montar en paralelo una máquina o instalación similar que permita la reparación de una de ellas, mientras que la otra sigue funcionando. El costo de esta duplicidad suele no tenerse en cuenta a la hora de los cálculos de los costos de mantenimiento.

4.7.5. Costo por falla. Estos costos generalmente implican una mayor significación pecuniaria, premisa que se cumple tanto para empresas productivas como para empresas de servicios.

El costo por falla se refiere al costo o pérdida de beneficio que la empresa tiene por causas relacionadas directamente con mantenimiento.

EMPRESAS PRODUCTIVAS

En este tipo de empresas los costos de falla se deben fundamentalmente a:

- Pérdidas de materia prima.

- Descenso de la productividad de la mano de obra como consecuencia de la realización de reparaciones por parte de mantenimiento.
- Pérdidas de energía por malas reparaciones o por no realizarlas, como ejemplo podemos citar las fugas de vapor, aislamientos térmicos defectuosos, etc.
- Rechazos de productos por falta de calidad adecuada.
- Producción perdida durante la reparación no programada.
- Contaminación del medio ambiente, debido a reparaciones realizadas en forma defectuosa o por no haberlas realizado, estas implican desembolsos importantes de dinero para la empresa.
- Averías que pongan en riesgo a las personas o a las instalaciones.

A los costos que pueden generar estos hechos se les debe adicionar el importe de las reparaciones para volver a la normalidad. En muchos casos el costo directo de la reparación puede ser pequeño frente al costo por falla que se puede originar.

El costo de falla en empresas productivas será mayor en la medida que mayor sea la automatización y la amortización de la instalación. En una situación más comprometida respecto de estos costos, se encontrarán las empresas que trabajan con el método Just in Time, cero stock.

Se podría calcular en forma simplificada el costo por falla, sumando los costos fijos durante el tiempo de la reparación más el beneficio que se deja de obtener la empresa en este mismo período.

EMPRESAS DE SERVICIOS

En estos casos es difícil cuantificar el costo de la falla, no obstante pueden tomarse indicadores como el tiempo necesario para realizar las reparaciones y el tipo de avería, cuantificándolas.

En este tipo de empresa la falta de producción no será un factor dominante del costo de falla, sin embargo puede tener efectos indirectos como por ejemplo: si en una confitería falla continuamente la iluminación o se rompe con frecuencia la cafetera o la caja registradora, el costo por falla puede originar la pérdida de clientela e imagen.

Otro ejemplo representativo puede ser: una empresa de transporte de carga, a la cual no se le realiza el correspondiente mantenimiento preventivo, y por tal motivo los medios de carga (camiones, aviones, barcos) sufren fallas periódicas, lo que ocasiona el retraso en las entregas de las mercaderías, no permitiendo cumplir con los contratos, teniendo que pagar multas y perdiendo clientela.

4.7.6. Costo total de mantenimiento. Si sumamos estos cuatro costos: fijos, variables, financieros y los que se producen por falla, obtendremos el Costo Total de Mantenimiento, este costo nos dará una idea global de la gestión de mantenimiento.

$$CTT = \text{Costo Total de Mantenimiento}$$

$$CTT = CFJ + CV + CFN + CFA$$

4.7.7. Costo óptimo o de equilibrio. La Gestión de Mantenimiento debe realizar un control integral de los costos que contemple todos los aspectos relacionados con la empresa, no resulta suficiente conseguir disponibilidades altas o costos bajos.

Este control debe estar dirigido a todos los aspectos que de una u otra manera pasan por sus manos y que afectan el desarrollo de la empresa y la obtención del máximo beneficio posible.

Si recordamos los costos del mantenimiento que hemos visto anteriormente vemos que estos no son independientes entre sí, sino que se relacionan directa o inversamente.

Incrementaremos los costos financieros cuando dispongamos de instalaciones, sistemas, máquinas o equipos duplicados, pero reduciremos los costos por falla. Si aumentamos los costos en mantenimiento preventivo, las fallas reducirán su frecuencia y gravedad, por lo que también lo hará el costo del mantenimiento correctivo. El aumento de los costos del mantenimiento preventivo tiende a disminuir los del correctivo pero en proporciones diferentes. Los costos del correctivo no pueden estimarse con antelación, mientras que los preventivos parten de una planificación.

Un exceso en la realización del mantenimiento preventivo acaba por hacer descender la disponibilidad al necesitar que el equipo esté fuera de servicio más de lo necesario.

También habrá que analizar la posibilidad de realizar mantenimiento predictivo, ya que este ayudará también a reducir el mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento reduce su costo en la medida que aumentan las máquinas y equipos a controlar.

Es menester establecer un equilibrio en los costos para llegar a un costo óptimo. La gestión propia de mantenimiento debe buscar el punto de menor costo y adecuar la aplicación de los distintos tipos de mantenimiento para mantenerse en un punto.

Para encontrar este costo óptimo se pueden desagregar sus componentes, realizar una tabla, graficarlos y de esta forma encontrar el punto de menor valor sobre la curva de costos totales; este será entonces el costo óptimo o de equilibrio.

4.8. GESTIÓN DE ALMACÉN

Generalmente el departamento de compras es el encargado de gestionar el almacén que suministra elementos a distintos sectores. Bajo el punto de vista de este departamento, se intentará tener un almacén con el mínimo valor posible, en tanto que al departamento de mantenimiento le interesará tener un almacén completo con todas las piezas y repuestos para realizar las distintas actividades de mantenimiento que pudiesen surgir, esto traerá aparejado contar con un stock elevado, surgiendo así una oposición de intereses entre los distintos sectores de una misma empresa.

Para gestionar el almacén con eficiencia tenemos que tener presente los siguientes criterios:

- Tener un mínimo de stock sin movilizar en el almacén.
- Fijar un valor máximo de rotura de los stocks.

4.8.1. Stocks. Se define como Stock aquella cantidad de materia prima, materiales y elementos en general que se almacenan, para su posterior empleo.

Este uso futuro puede destinarse a:

- Alimentación de una línea de producción
- Ventas por mayor y menor
- Mantenimiento de máquinas y equipos
- Abastecimientos de elementos de consumo desde un depósito central

En cualquiera de los casos sería necesario disponer de un gran capital y de hecho esto provoca escasez del mismo para efectuar otras inversiones, además de la necesidad de contar con grandes locales para almacenamiento, corriendo con el riesgo del deterioro del material u obsolescencia del mismo. Por lo tanto, es necesario analizar y encontrar un punto de equilibrio entre las desventajas ya mencionadas y las ventajas de tener artículos siempre que se los necesite a un costo menor de adquisición, no sólo por hacerlo en cantidad, sino también por los gastos directos que ocasiona el acto de comprar. Se advierte, en consecuencia, que las desventajas superan a las ventajas. Sin embargo, ¿Cómo se efectúa el balance económico que permita conocer cuánto y cuándo se debe comprar? La teoría de los Stock da la respuesta a esta pregunta.

Elementos que intervienen en la teoría de los Stock:

- Costo de Adquisición o de compra
- Precio de compra del artículo

- Costo de almacenamiento
- Cantidad que se mantiene en stock.

5. APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACION

5.1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de sistemas informáticos dentro de una empresa es esencial para el funcionamiento de la misma, entre uno de los sistemas más importantes, se encuentra el de Gestión de Mantenimiento.

El principal objetivo que surge de implementar un sistema integral informático de mantenimiento es la de poder realizar:

- 1) Planeación
- 2) Programación
- 3) Control
- 4) Costeo

Por lo tanto sus prestaciones serán:

- Técnicas
- Económicas
- Administrativas

5.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO

Los Sistemas de Control de Mantenimiento que utilizan computadoras en el proceso, ofrecen las siguientes ventajas con relación al Sistema de Control Manual:

- Elimina pérdidas de tiempos por demoras burocráticas, ya que las órdenes de servicio de actividades programadas pasan a ser emitidas por la propia computadora, por lo tanto ya no es necesario mantener los archivos manuales de servicios ejecutados, cancelados y pendientes.
- Facilita la presentación y rapidez en la emisión de esos reportes. A través del programa, los reportes pueden ser emitidos bajo varias formas (cronológica, secuencial numérica, secuencial alfabética, etc.) y de manera más concisa o detallada, de acuerdo con la finalidad. La rapidez es consecuencia del propio proceso.
- Agiliza y toma más confiable la composición de tablas y gráficos. Esta ventaja también es consecuencia del proceso.
- Permite la composición del Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo de una nueva instalación a partir de otras instalaciones similares. A través del programa, la computadora puede seleccionar los equipos comunes de instalaciones similares y componer ese Plan Maestro de Mantenimiento Preventivo de la nueva instalación.
- Hace más dinámica la respuesta a las consultas específicas sobre los datos históricos de mantenimiento. Si el proceso adoptado fuera de tiempo real, la consulta al archivo histórico de mantenimiento está permanentemente a disposición del usuario, la consulta será atendida en intervalo de tiempo

infinitamente menor, con relación a aquel que sería en la búsqueda de archivos por el sistema manual.

- Admite la implementación de programas automatizados de supervisión de comportamiento de los equipos y de la programación del mantenimiento. A través de programas específicos, la computadora puede mantener permanentes comparaciones entre parámetros preestablecidos con datos de las órdenes de servicio y emitir reportes históricos.
- Acelera y facilita el intercambio de informaciones entre el área de mantenimiento y otras áreas de la empresa.
- Los Sistemas de Control Automatizados, presentan las siguientes desventajas con relación al Sistema de Control Manual:
 - Implica un aumento en los costos y los plazos de implementación con respecto a los controles manuales. Para pequeñas empresas, la desventaja del alto costo de implementación del Sistema Automatizado debe ser analizada detalladamente antes de la selección del proceso.
 - Demanda mayores cuidados en cuanto al entrenamiento del personal responsable por el suministro de los datos.
 - Requiere mayor participación de los supervisores en la evaluación de los datos de entrada y en el análisis de los reportes de salida. La mayor atención en el análisis de los reportes es justificada por la alta inversión de implementación y por la expectativa generada con la utilización de un proceso más sofisticado y con mayores recursos.
 - Es menester contar con personal con experiencia en Análisis de Sistemas, ya que si no es así puede conducir a grandes dificultades de relación y entendimiento en cuanto a las necesidades de los usuarios, acarreando mayores gastos y demoras para la obtención de resultados. El analista debe contar con información adecuada de los equipos y de las prioridades del área de mantenimiento, con relación a las demás áreas de la empresa. Esta desventaja puede ser desastrosa y acarrear el fracaso de lo ejecutado.
 - Provoca perjuicios más serios en caso de alteración de proyecto. Como el Sistema Automatizado es fundamentado en programas, formularios y archivos que constituyen bancos de datos, las alteraciones de proyecto pueden acarrear serios perjuicios, inclusive con la pérdida del archivo histórico. Mientras que en el Sistema de Control Manual, una alteración en la composición del código o formulario puede pasar desapercibida y no alterar el proceso, en el Sistema Automatizado estas alteraciones ciertamente envuelven mudanzas de programación, no siempre simples, y reformulación del archivo, con altos costos y peligros.

Podemos concluir que la aplicación de un sistema informático al mantenimiento es la de proporcionar información que permita obtener aumento de rentabilidad de la empresa, utilización más eficiente de los recursos y mejoría en el desempeño y fiabilidad de los equipos.

Es conveniente para lograr ese objetivo, realizar una secuencia lógica en el proyecto y desarrollo de cada etapa del Sistema.

5.3. ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN

La secuencia de etapas que conducen a los mejores resultados es:

- Identificación de los equipos instalados y por instalar y sus respectivas aplicaciones. A esta etapa la llamamos Inventario.
- Proyecto de los documentos (o pantallas) para realizar el catastro de los equipos.
- Levantamiento de los datos catastrales de los equipos.
- Levantamiento de los repuestos y correlación con los equipos, identificando aquellos que son de uso común y de uso específico.
- Selección y establecimiento de un patrón, o de una terminología única de mantenimiento que debe ser válida para todas las áreas de la empresa y si es posible, común a empresas del mismo género.
- Clasificación de los equipos de acuerdo a sus respectivas importancias operacionales.
- Establecimiento de los Códigos de Equipos.
- Establecimiento de los Códigos de Mantenimiento.
- Proyecto e implementación de las Hojas de Registro de Mediciones de Mantenimiento, para los equipos prioritarios.
- Proyecto e implementación del Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo.
- Proyecto e implementación de las Órdenes de Servicio.
- Proyecto e implementación de los formularios de Recolección de Datos de Mano de Obra Trabajada y Disponible.
- Proyecto e implementación del Formulario de Datos de Operación.
- Establecimiento de los Códigos de Ocurrencias. En ésta etapa se cierran los elementos necesarios a la alimentación de los Sistemas de Control de Mantenimiento.

5.4. IMPLEMENTACIÓN

Las experiencias de adquisición de paquetes cerrados de sistemas de mantenimiento, demuestra que es una alternativa viable pero no siempre da buenos resultados debido a que cada empresa tiene características propias que la caracterizan y no son comunes a las demás. Por esta razón habrá que evaluar si no conviene realizar el planeamiento y proyecto del sistema con la participación directa del personal propio de cada empresa que podrá ser asesorado por especialistas en planeamientos externos.

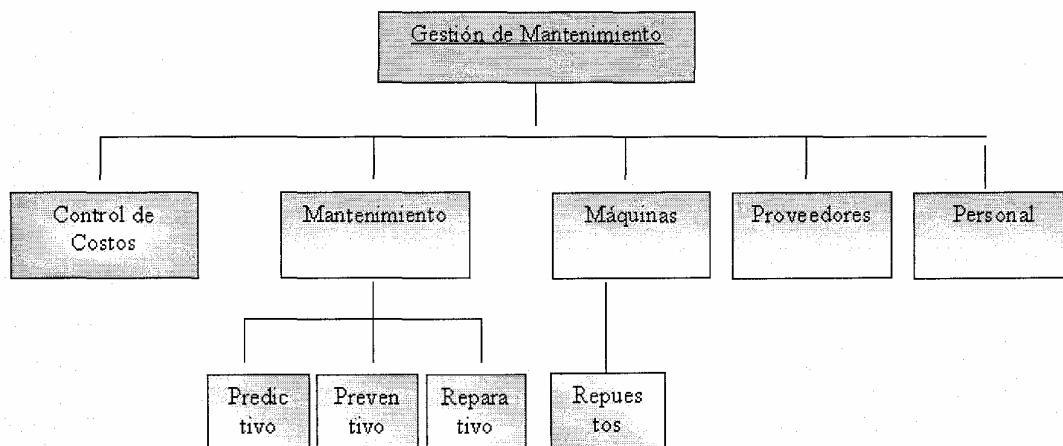
Si el proceso escogido para el control de mantenimiento involucra la computadora, se sugiere su implementación en tres etapas:

- Desarrollo e implementación del sistema semiautomático, iniciándose con los equipos prioritarios y siendo extendido progresivamente a los demás equipos de la instalación. Ese sistema proporciona la emisión de las órdenes de servicio de actividades programadas, llenadas en casi toda su totalidad por la computadora, con datos provenientes del Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo y de las instrucciones de mantenimiento.
- Después de la perfecta estabilización de la primera etapa, se sugiere la ampliación del control a los mantenimientos correctivos, también comenzando con los equipos prioritarios y posteriormente extendiendo a los demás, creando el archivo histórico de los equipos en el banco de datos de la computadora.
- Finalmente, cuando hubiera un sustancial y confiable conjunto de datos en el archivo histórico, se implantará el Control Predictivo de Mantenimiento que determinará el punto ideal de ejecución de mantenimiento preventivo según los peligros mínimos preestablecidos para detectar fallas de los equipos por medio de los programas de Alerta, donde la computadora pasa a auxiliar al gerente de ejecución de mantenimiento en la supervisión de los equipos bajo su responsabilidad.

5.5. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA MANTENIMIENTO

La estructura aquí descrita es un modelo para entender el funcionamiento y confección de las bases de datos de un sistema de gestión de mantenimiento y en general deberá ser adaptado en función del tipo de empresa y del alcance que cada una quiera darle al sistema.

Figura 18. Estructura del sistema informático de mantenimiento



5.6. INVENTARIO Y REGISTRO DE EQUIPOS

Inventario es el conjunto de información obtenida a partir del proyecto, fabricación y montaje de cada equipo.

Una vez identificados todos los equipos que componen la instalación industrial o de servicio, son proyectados los formularios para recolección de datos de forma estandarizada, que deben ser comprensibles para atender a futuras consultas relativas a características de especificación, fabricación, adquisición, instalación y mantenimiento. A ese conjunto de informaciones llamamos registro de equipos.

Registro de equipos: son los datos de los equipos, a través de formularios estandarizados que, archivados de forma conveniente, posibilitan el acceso rápido a cualquier información, necesaria para mantener, comparar y analizar condiciones operativas, sin que sea necesario recurrir a fuentes diversificadas de consulta.

Por lo tanto, el registro de equipos deberá reunir, en un único documento, para cada equipo, los datos constructivos (manuales, catálogos y planos), de compra (solicitudes, requisitos, presupuesto, fechas y costos), de origen (fabricante, proveedor, tipo y modelo), de transporte y almacenamiento (dimensiones, peso y cuidados), de operación (características normales y límites operativos) y de mantenimiento (lubricantes, repuestos generales y específicos, curvas características, recomendaciones de los fabricantes, límites, tolerancias y ajustes). La concepción de recolección de datos registrables también viene recibiendo mejoras con la evolución de los criterios de planeamiento y control de mantenimiento.

Con la utilización de la computadora en el proceso del Sistema de Control de Mantenimiento, surgió la idea de asociar el registro de equipos a los respectivos repuestos de uso específico y de uso común, para el Código de Registro, se debe usar la misma estructura de codificación del área de administración de material.

5.7. PLANTILLAS COMO BASE PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

A continuación se sugiere una serie de plantillas que pueden servir de base para informatizar las tareas de Mantenimiento.

Plantilla de Registro e Histórico de Máquinas

Los ítems que forman los distintos campos que integran la Plantilla para el Registro de Máquinas son los que a continuación detallamos:

- Código de Máquina.
- Código de Equipo.
- Número de Serie.

- Máquina.
- Fabricante.
- Modelo.
- Proveedor, Localización.
- Solicitud No. Fecha Solicitud.
- Fecha de Recepción. Costo.
- Especificaciones del Equipo.
- Dimensiones Exteriores, Ancho, Altura, Peso, Condiciones de Almacenamiento.
- Características Técnicas.
- Histórico: Tipo, Fecha, Tiempo de Reparación, Persona que interviene.
-

Plantilla para Mantenimiento Correctivo

Los siguientes ítems forman los distintos campos que integran la base de datos de Mantenimiento Correctivo.

- Código de Máquina.
- Máquina.
- Fecha.
- Hora de Inicio.
- Hora de Finalización.
- Código de Repuesto.
- Trabajo Real.
- Código Personal que interviene
- Código de prioridad en la Influencia en la Producción.

Plantilla de Repuestos por Máquina

Los ítems que a continuación enumeramos forman los distintos campos que integran la base de datos de Repuestos por Máquinas:

- Código de Máquina.
- Máquina.
- Código Repuesto.
- Repuesto.
- Cantidad Mínima de Stock.
- Cantidad en Stock.
- Ubicación.
- Código Proveedor.

Plantilla para mantenimiento predictivo

Los siguientes ítems forman los distintos campos que integran la base de datos de Mantenimiento Predictivo:

- Especialidad.
- Código de Máquina.
- Máquina.

- Parámetro 1.
- Parámetro 2.
- Parámetro 3.
- Fecha.
- Equipo de Medición.
- Medición Parámetro 1.
- Medición Parámetro 2.
- Medición Parámetro 3.

Calendario de Mantenimiento Preventivo

5.8. PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El programa Maestro de Mantenimiento Preventivo es el proceso de correlación de los códigos y nombres de los equipos con las periodicidades, épocas de programación de ejecución de actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, formularios de registro de medición, centros de costos, códigos de material y cualquier otro dato juzgado por el usuario como necesario de interrelacionar durante el desarrollo del proyecto de programación de mantenimiento.

Los siguientes ítems forman los distintos campos que integran la base de datos Mantenimiento Preventivo:

- Código Orden de Trabajo.
- Fecha.
- Nivel Operador.
- Código de Máquina.
- Hora.
- Código de Operador.
- Herramientas a Utilizar.
- Descripción de Tarea.
- Ponderación.
- Observaciones.

Listado de Proveedores

Los siguientes ítems forman los distintos campos que integran la base de datos

Listado de:

- Proveedores:
- Código de Proveedor.
- Proveedor.
- Especialidad.
- Contacto.
- Dirección.
- Teléfono y/o Fax.

- EMail.

-Plantilla de Personal

Los siguientes ítems forman los distintos campos que integran la base de datos Personal:

- Apellido, Nombre.
- Código o ficha de la empresa.
- Especialidad.
- Fecha de Nacimiento.
- Fecha de Ingreso.
- Nivel de Conocimientos.

Control de Costos de Mantenimiento

Los siguientes ítems forman los campos de la base de datos para el Control de Costos:

- Tipo de Mantenimiento.
- Año.
- Costo en Materiales.
- Horas Empleadas.
- Ordenes de Trabajo.
- Sueldos Directos.
- Sueldos Indirectos.
- Costos Financieros.
- Costos por Falla.
- Gastos Propios.
- Gastos de Terceros.
- Total.
- Presupuestado.
- Diferencia.

Figura 19. Plantilla de registro e histórico de máquinas

PLANTILLA DE REGISTRO E HISTORICO DE MAQUINAS						
Cód. Máquina:		Cód. Equipo:		Nº de Serie:		
Máquina:						
Fabricante:			Modelo:			
Proveedor:		Localización:			Fecha Inst:	
Sol. Nº	Fecha Sol:	Req. Nº	Fecha Req:		Fecha Rec:	Costo:
Especificaciones del equipo:						
Planos de Referencia:			Manuales/Catálogos:			
Dimensiones Ext.:		Ancho:	Altura:	Peso:	Cond. Almacen.:	
Características Técnicas:						
Historico						
Tipo			Fecha	Tiempo de Reparacion		Persona Interv.

Figura 20. Plantilla para mantenimiento correctivo

[illegible]

Figura 21. Plantilla de repuestos de máquina

[illegible]

Figura 22. Plantilla para mantenimiento predictivo

[illegible]

Figura 23. Plantilla para mantenimiento preventivo

ORDEN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO										
Cód. Ord. De Trab. :		Fecha:		Nivel Operador:						
Código Máq.:		Hora:		Código Operador:						
HERRAMIENTAS A UTILIZAR										
Descripción de la Tarea			Tarea N*		Ponderación					
					A	B	C	D	E	F
			1							
			2							
			3							
Observaciones							Tiempo Total Empleado :			
A Buen estado				E Estado regular						
B Falla incipiente				F Mal estado						
C Se reparo				G Pendiente						
D Se cambio										

Figura 24. Calendario de mantenimiento preventivo

[illegible]

Figura 25. Planilla de personal

[illegible]

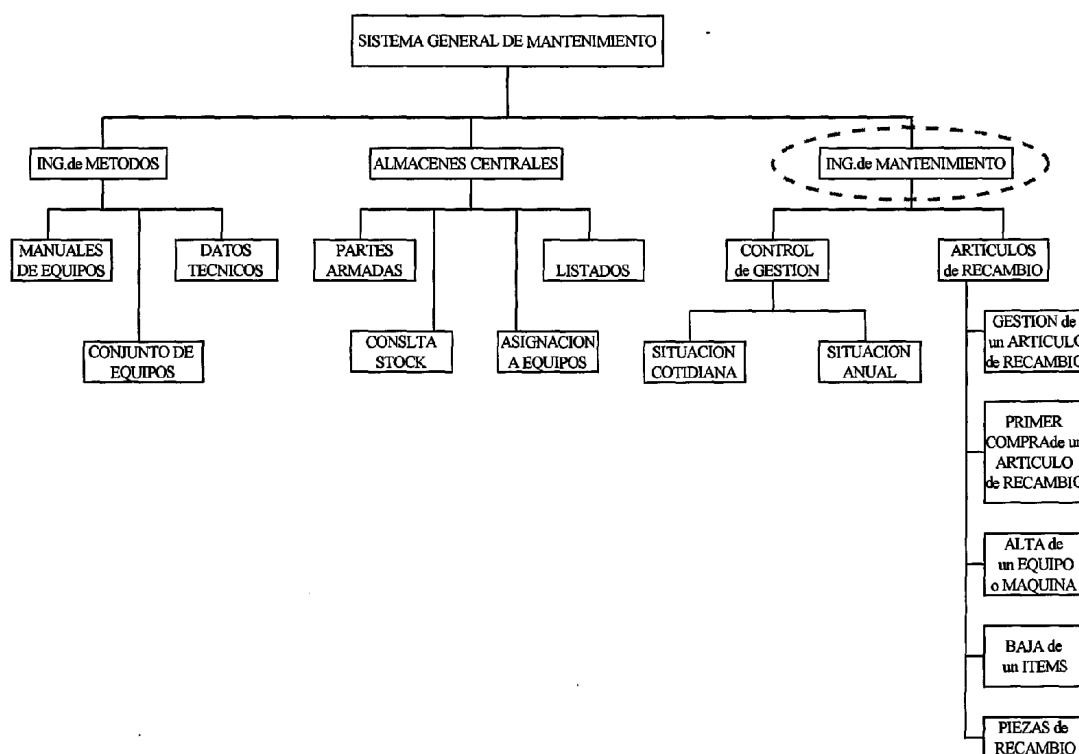
Figura 26. Listado de proveedores por especialidad

[illegible]

Figura 27. Control de costos de mantenimiento

CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO											
Tipo de Mantenimiento:						Año:					
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	//	Nov	Dic	
Costo en Materiales											
Hs. Empleadas											
Ordenes de Trabajo											
Sueldos Directos											
Sueldos Indirectos											
Costos Financieros											
Costos por Falla											
Gastos Propios											
Gastos Terceros											
Total											
Presupuestado											
Diferencia											

Figura 28. Ejemplo de aplicación de un sistema informático



El mismo consta de los siguientes puntos:

- Actualización de una máquina o equipo
- Análisis para dar de baja una máquina o equipo
- Compra de artículos de recambio
- Gestión de artículos de recambio
- Tipos de piezas de recambio

Veamos ahora en detalle cada uno de estos puntos:

ACTUALIZACIÓN DE UNA MÁQUINA O EQUIPO

Ingeniería de mantenimiento recibe los listados de colocación en stock, de parte de los responsables de la división técnica.

La descripción de cada uno de los ítems solicitados, debe ser técnica y completa, adjuntando en forma obligatoria, la documentación emitida por el fabricante del equipo y/o máquina.

El encargado de la gestión, tendrá la responsabilidad de:

Verificación de la máquina / equipo del que forma parte (marca, modelo, serie y número de fabricación)

- Que piezas a colocar en stock -
- Corroboración del número de identificación del artículo
- Discriminación de piezas particulares y piezas estándar comerciales
- Análisis de dichas piezas en stock, como repuestos anteriormente incorporados
- Revisión de la documentación entregada (planos, esquemas, croquis)
- Determinación de cuáles han de ser las piezas a colocar en stock, almacenes centrales recibe el pedido y se encarga de colocarlas
- Determinación de la cantidad mínima a colocar en stock. Baja de ítem de una máquina o equipo
- Análisis para dar de baja una máquina o equipo.

Si los ítems componentes de una máquina o equipo reciben la orden de obsolescencia o retiro de la línea de fabricación por parte del responsable de la división técnica, se analizarán si los ítem afectados a este bien, son excluidos de este o comunes a otros.

Compra de artículos de recambio

Se recibe de parte de los distintos departamentos técnicos, toda la documentación de los equipos con la que se analiza el listado de piezas de primera urgencia.

Luego de detectar posibles existencias en stock de almacenes, se devuelve la lista validada al responsable de adquirir el medio.

Gestión de artículos de recambio

En la adquisición de un nuevo medio, las piezas que conforman los artículos de recambio de seguridad de funcionamiento, llevan una gestión más compleja que los artículos de primera urgencia.

Con este fin, ingeniería de mantenimiento, con la documentación requerida al fabricante, procede a confeccionar las gamas de mantenimiento preventivo.

Piezas de recambio

Piezas de Desgaste: son las de duración o vida útil menor que la del bien del que forma parte.

Piezas de seguridad de funcionamiento: son aquellas de las que se necesita mantener una cantidad mínima en stock, debido a que un faltante de las mismas ocasionaría un serio inconveniente a fabricación, si el medio del que forma parte falla por su causa.

Piezas de sustitución periódica por obligación legal: aquellas cuya reposición o cambio en un equipo determinado, se fija por una disposición vigente o reglamentaria.

Piezas estándar: su ubicación en el mercado nacional o internacional se realiza con facilidad por ser de uso común.

Piezas particulares del fabricante: cuentan con una normalización particular del fabricante del equipo, pieza bajo plano.

Piezas de primera urgencia: todas las afectadas a máquinas herramientas o equipos que forman parte de una nueva línea y que son absolutamente necesarias (según indicación del fabricante), para garantizar la instalación, puesta a punto y disponibilidad del bien en producción, durante un periodo determinado.

Diagrama secuencial de Actualización de una máquina, equipo y/o dispositivo individual.

Figura 29. Diagrama secuencial de actualización de una máquina, equipo y/o dispositivo individual

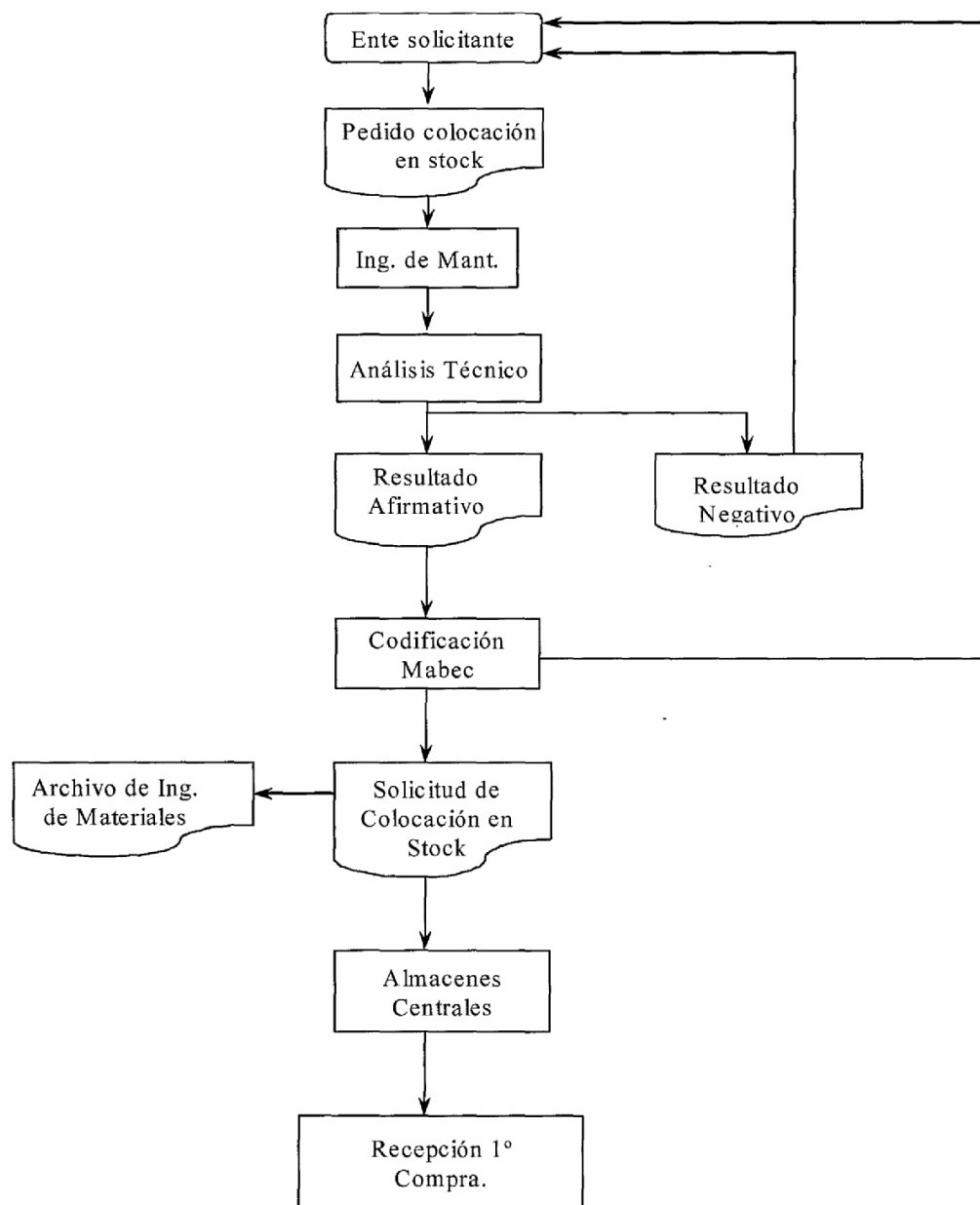
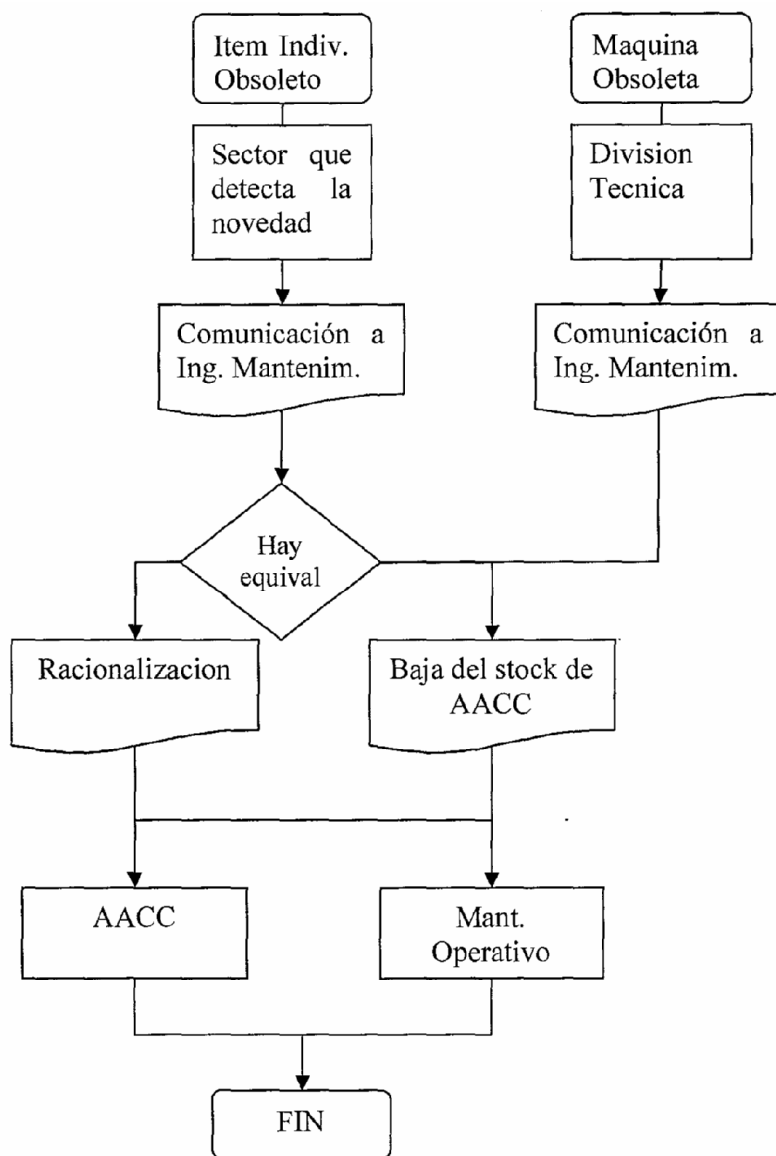


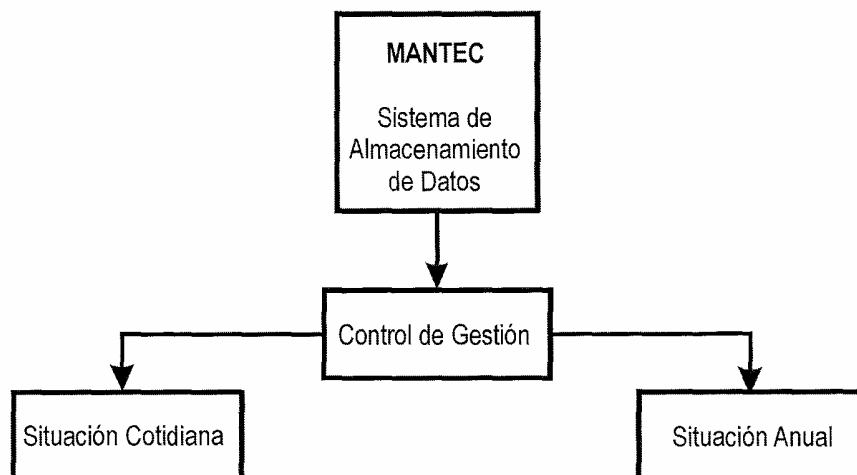
Figura 30. Diagrama secuencial análisis de baja de una máquina, equipo y/o dispositivo individual



Menú de control de gestión

Este menú permite consultar y verificar los controles realizados sobre determinadas variables consideradas por mantenimiento, cotidianamente o anualmente.

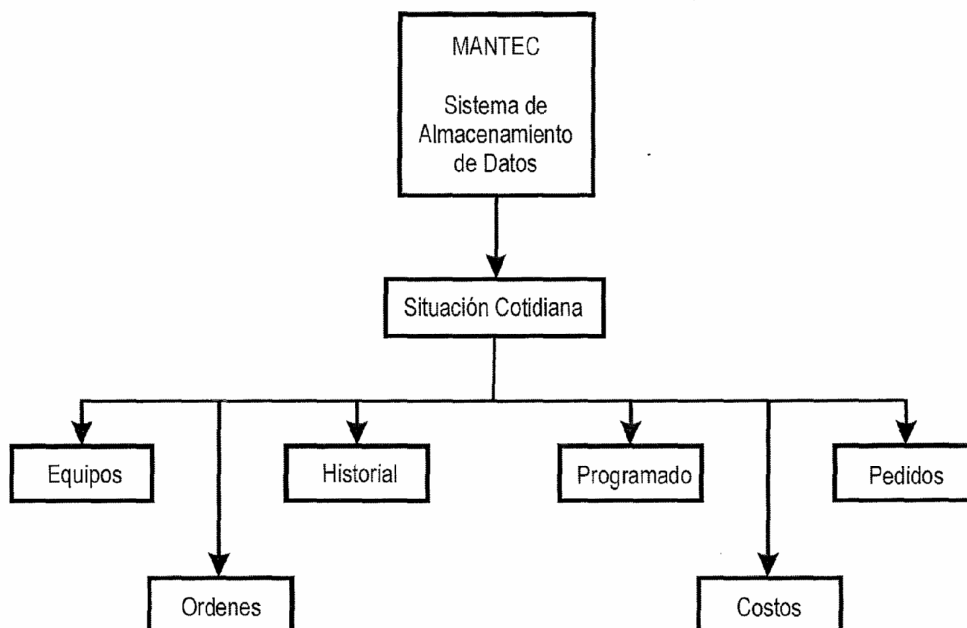
Figura 31. Menú de control de gestión



Menú de situación cotidiana

Este menú permite obtener una serie de informaciones referidas al estado de situación al día en que es emitido, dando lugar a un análisis tipo fotográfico de la marcha del mantenimiento y del sistema MANTEC.

Figura 32. Menú de situación cotidiana



EQUIPOS.

Al acceder a la consulta de los archivos mencionados anteriormente, el sistema presenta opciones.

- Por equipo, especificando los totales controlados por semanas, horas, kilómetros
- Por grado de criticidad, de acuerdo a códigos
- Por código de ubicación
- Numero de instalaciones anuales de equipos
- Datos técnicos
- Cantidad de equipos con datos técnicos
- Cantidad de renglones con datos técnicos

Promedio de renglones por equipo

- Total de rubros empleados
- Cantidad de renglones por rubros

Control horario / kilometraje

- Promedio de actualización por control horario
- Promedio general por horas de marcha y Km. recorridos de los equipos

Historial

La información emitida esta dividida en dos:

- Historial estadístico
- Historial general

Considerándose los mismos parámetros para ambos historiales. -

- Cantidad de equipos con historial
- Cantidad de renglones con historial
- Promedio de registro por equipos
- Porcentaje de equipos con historial
- Cantidad de registro del historial por año
- Fecha más antigua del historial
- Fecha más reciente del historial
- Cantidad total de registros por ejecutante

PROGRAMADO

Esta opción permite obtener un listado con información correspondiente a hojas de revisión y reserva de materiales.

HOJAS DE REVISIÓN

- Cantidad de equipos con hojas de revisión
- Cantidad de hojas de revisión
- Promedio de hojas de revisión por equipo
- Porcentaje de equipos con hojas de revisión
- Cantidad de H.R. por sector

- Cantidad de H.R. por frecuencia (cada 2, 24, 48 hs.)
- Cantidad de tareas Standard
- Promedio de herramientas utilizadas por hoja
- Frecuencia horaria mínima y máxima

RESERVA DE MATERIALES

- Cantidad de H.R. con reserva
- Promedio de materiales reservados por hoja
- Cantidad de artículos stockeados

PEDIDOS

Este listado reúne información correspondiente a los pedidos de trabajo realizados durante un periodo determinado.

- Cantidad de equipos con pedidos de trabajo
- Cantidad de pedidos de trabajo
- Promedio de pedidos por equipos
- Porcentaje de equipos con pedidos
- Cantidad de pedidos sin prioridad
- Fecha, nombre del equipo y descripción del pedido más antiguo
- Cantidad de pedidos realizados considerando distintos periodos de antigüedad
- Cantidad de pedidos por requirentes
- Cantidad de pedidos por códigos

ORDENES

El listado emite la siguiente información con respecto a las órdenes de trabajos de la empresa.

- Total de órdenes vigentes
- Promedio de órdenes por equipo
- Cantidad de órdenes por código de prioridad
- Fecha, nombre del equipo, y descripción de la orden de O.T.
- Total de órdenes por sector
- Total de órdenes de acuerdo a su estado
- Cantidad de órdenes teniendo en cuenta la antigüedad de las mismas
- Cantidad de reservas de O.T.
- Cantidad de órdenes de trabajo de acuerdo a la forma de emisión

COSTOS

Esta opción lista un detalle de valores correspondientes a las órdenes de trabajo seleccionadas y los gastos ocasionados por su ejecución.

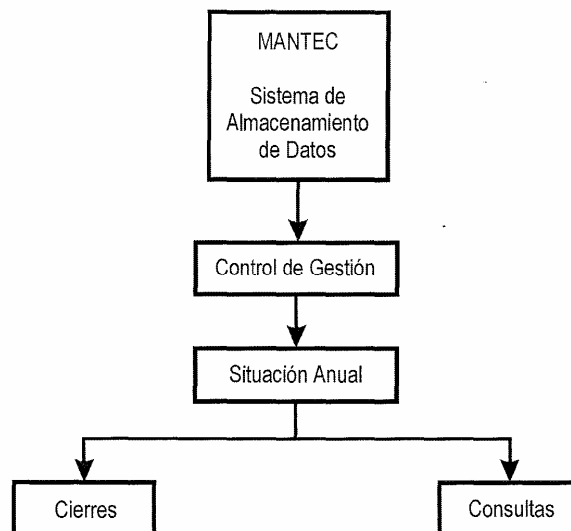
El sistema al cual hacemos referencia solicita que se ingrese el rango de la O.T. alistar (desde / hasta), luego se emite un listado informando número de orden, las horas estimadas y las horas reales empleadas en la ejecución de la misma y los valores monetarios estimados y reales, expresados en dos monedas definidas.

SITUACIÓN ANUAL

Mediante este menú es posible llevar una serie de indicadores que señalan cómo varía la actividad de mantenimiento a lo largo de los meses. Para ello, se deberá procesar un cierre de manera mensual, que acumule los valores, para luego consultarlos y/o graficarlos.

Debe consignar que los indicadores que disponen el sistema son fijos y periódicamente se incorporan en la medida que los mismos son requeridos por los usuarios.

Figura 33. Menú de situación actual



CIERRE

Esta opción realiza un cierre mensualmente del período que se indique oportunamente.

El proceso de cierre no exige ninguna acción por parte del operador, debiéndose dejar operar la computadora hasta su finalización y vuelta al menú.

Los datos que se ingresan son:

- **mes**, indica el mes del período sobre el cual se realizan los procesos de cierre.
- **año**, indica el período sobre el cual se realizan los procesos de cierre.

- **desde**, consigna la primera fecha a considerar como inicio del mes cuando este no se ha comenzado en el día 1, esto puede coincidir con los cierres contables o gestión del resto de la empresa.
- **hasta**, registra la última fecha a considerar.

CONSULTAS

Esta opción permite consultar todos los controles de gestión posibles de realizar sobre la información disponible de mantenimiento.

En pantalla serán mostrados todos los indicadores que han sido emitidos por el sistema, permitiendo que el usuario seleccione cuál de ellos desea consultar.

Una vez seleccionado un control, el sistema presenta o presentará las siguientes opciones:

- **totales**: muestra en pantalla los valores totales sumados para dicho control
- **imprime**: ídem al anterior, con la diferencia que la salida de la información es por impresora.
- **detalles**: en función del tipo de control se mostrarán los diferentes motivos, requerimientos, tipos, etc. en que han sido divididos los datos del control, para poder visualizarlos individualmente.

6. RECURSOS HUMANOS Y SEGURIDAD APLICADOS AL MANTENIMIENTO

6.1. RECURSOS HUMANOS

Las organizaciones poseen recursos de distinta índole, que hacen su esencia y existencia, así estos los distinguimos en:

- Recursos humanos
- Recursos financieros
- Recursos físicos

No puede existir organización que no esté integrada por personas, de allí la importancia de los recursos humanos, pues se puede contar tecnológicamente con el equipamiento más moderno o con las mejores instalaciones, pero si se carece de un grupo humano motivado y bien dirigido, el éxito de la organización es imposible.

Esta importancia de los recursos humanos comprende también a los del área de mantenimiento, ya que sin ellos ésta no podría funcionar.

Para que una organización alcance sus metas no basta con que cuente solamente con los recursos necesarios, sino que también los utilice con efectividad.

Recursos humanos es el área encargada de mejorar el desempeño del personal dentro de la organización, ayudando a estos a expandir sus potencialidades, para la consecución de sus fines, dentro de un entorno ético y socialmente responsable, encaminando las nuevas demandas de empleados y organizaciones ante los cambios de un mundo globalizado.

Los recursos humanos de una empresa encargada de elaborar un determinado producto o brindar un servicio, incluyen a personas con conocimientos, capacidades y habilidades, de quienes se espera que sean capaces de lograr que la organización alcance sus metas.

Son las personas quienes concretan los aciertos o desaciertos de las organizaciones.

Es responsabilidad del área de recursos humanos, crear un ambiente abierto, donde cada persona se sienta implicada en hacer realidad los fines de la organización, participando activamente.

6.1.1. Objetivos de los recursos humanos, bases y desafíos. El objetivo principal de los recursos humanos consiste en mejorar o favorecer el desempeño del personal dentro de toda la empresa, y en el caso que nos ocupa concretamente en el área mantenimiento.

El objetivo fundamental de los recursos humanos es mejorar o favorecer el desempeño del personal dentro de la organización, no obstante se pueden distinguir en:

- **Objetivos personales:** se debe poner atención para que cada una de las personas que conforman la empresa alcance sus metas personales, pues esto traerá aparejado un mejor desempeño y motivación dentro de la organización. La satisfacción personal de cada uno de los integrantes de la empresa redundará en beneficio de toda la corporación.
- **Objetivos funcionales:** es este el objetivo central de los recursos humanos de favorecer el desempeño del personal dentro de la empresa, en forma adecuada.
- **Objetivos corporativos:** recursos humanos debe dar los instrumentos o caminos a fin de que la organización pueda alcanzar sus propios fines.
- **Objetivos sociales:** toda empresa desarrolla su actividad dentro de una sociedad y por lo tanto, las actividades del área de recursos humanos deben fundamentarse en los principios éticos de la misma, un ejemplo claro de esto es cuando se discrimina a una persona por motivos de sexo, raza, etc.

Ha tomado importancia la actividad de recursos humanos en la actualidad, pues con la aplicación de sistemas informáticos, los avances tecnológicos, la automatización, los robots, etc., ha variado la tarea del trabajador, pasó de una tarea de tipo manual, a realizar una tarea de tipo intelectual, hoy el trabajador decide sobre las acciones que deben realizar las máquinas.

Por lo tanto, es necesario definir y manejar los cambios culturales y de conducta indispensables para que una organización se desenvuelva en este nuevo ambiente.

Adaptarse a los nuevos cambios implica la existencia de un proceso de aprendizaje permanente, y para esto es necesario evaluar continuamente el estado actual de las cosas, planeando las mejoras o el desarrollo, siendo de inestimable valor la utilización de mecanismos de retroalimentación en todos los niveles.

El mecanismo de retroalimentación se concreta cuando nos preguntamos ¿Cómo vamos?.

El trabajo de la organización es el factor clave que debe cambiarse si se intenta mejorar la producción o para mantenerla en niveles óptimos.

El mejoramiento de las relaciones laborales, trae aparejado un fortalecimiento en las relaciones interpersonales, lo que incrementa la calidad y mejora la productividad dentro de una organización.

Si el área de recursos humanos concreta su objetivo, que a la vez es su mayor desafío, la organización también hará realidad sus objetivos y desafíos.

6.1.2. Los recursos humanos dentro de mantenimiento. Toda organización está compuesta por personas, por lo tanto las organizaciones se encuentran afectadas por su ambiente interno y por el ambiente externo en el que se desenvuelve.

El sistema organizacional lo conforman tanto la organización formal -la empresa- como aquellas partes del ambiente que la afectan constantemente, ejemplo de esto que decimos son los competidores, las nuevas tecnologías, etc.

Históricamente las organizaciones eran responsables ante un grupo primario de accionistas de una empresa, hoy se debe pensar en función de gran cantidad de grupos, como sindicatos, asociaciones profesionales, gobierno, políticas, valores de la sociedad, innovaciones tecnológicas, etc. Por todo esto es que se necesita tener un estilo flexible para reaccionar con creatividad ante las presiones del medio en el que se desenvuelve toda la organización.

El departamento de recursos humanos se ubica como un sistema dentro de un sistema mayor que es mantenimiento. Como todo sistema está compuesto por diferentes partes que colaboran en el hacer del todo.

Lo mismo sucede con respecto a la empresa mayor en el que se encuentra inmerso, así cada área tiene su actividad que le compete, pero lo hace siempre interactuando con las restantes, de tal modo que, si mantenimiento tiene necesidad de cubrir un puesto, necesitará el apoyo de recursos humanos, para cubrir esa necesidad.

Toda el área de recursos humanos constituye un sistema abierto porque se ve afectado por el entorno tanto interno, el de la propia empresa, como el externo, el de la sociedad, del que no puede evadirse.

6.1.3. Funciones de los recursos humanos. Una amplia y variada gama de funciones son competencia del área de recursos humanos, la función esencial es el servicio que presta dentro de mantenimiento a los trabajadores, y a los directores, con miras a lograr sus objetivos.

Podemos observar diferentes tipos de funciones, que llevan aparejadas distintas implicancias, entonces tenemos:

- Funciones en las que el responsable de recursos humanos no posee autoridad para dirigir a mantenimiento, pero sí tiene la posibilidad de asesorarlos, es lo que algunos autores denominan autoridad de staff.
- Así por ejemplo el responsable de recursos humanos puede asesorar al responsable del área de mantenimiento, pero no puede dirigir las operaciones específicas de ésta área, pues esto es de competencia del responsable operativo.

- El asesoramiento brindado por recursos humanos no genera obligatoriedad a quien lo recibe, este tiene la opción de aceptarlo y llevarlo adelante o no, pero en este último caso se hace responsable de las consecuencias que su decisión traiga aparejada.
- Conforme a la complejidad de la empresa que se trate, existen funciones en las se le concede autoridad de tipo funcional a recursos humanos, pero dicha autoridad está acotada a determinados aspectos, tal es el caso de los incentivos.
- Existen funciones que generan responsabilidades compartidas entre recursos humanos y los encargados de mantenimiento.
- Recursos humanos debe ocuparse del desarrollo de la organización generando un ambiente interno propicio para la productividad, donde cada integrante se sienta satisfecho y conforme, ya que esto tiene su proyección sobre la empresa, pero recae sobre los responsables de mantenimiento la autoridad del trabajo diario.

6.1.4. Actividades de los recursos humanos en mantenimiento. Recursos humanos desarrolla distintos tipos de actividades con miras a concretar su objetivo fundamental que es el de mejorar o favorecer el desempeño del personal, resulta obvio decir que enmarcará su accionar dentro del contexto general de mantenimiento, y respetando el nivel de empresa del que se trate, pues no es lo mismo una PYME, que una empresa de grandes dimensiones.

Sin embargo, podemos detallar actividades que son propias de recursos humanos:

- a) Sistema de información
- b) Planeación
- c) Desarrollo y capacitación
- d) Evaluación
- e) Sistema de compensaciones, premios e incentivos
- f) Control

Todas estas actividades que son consideradas como subsistemas de recursos humanos, presentan dos características:

- **Interdependencia**, si bien están identificadas claramente las actividades de cada una, existe entre ellas una interdependencia, es decir la acción de una influye en la otra.
- **Retroalimentación**, la respuesta que se obtiene al evaluar cada actividad sirve de base para continuar en el camino emprendido si se estima una apreciación favorable, o para emprender una nueva acción, si la apreciación entiende que es necesaria una acción correctiva.

Estas dos cualidades aportan como beneficio el mejoramiento continuo de mantenimiento en su conjunto, como así también de las relaciones interpersonales.

6.1.5. Sistema de información de RRHH. Para un desenvolvimiento eficaz, recursos humanos debe contar con una base de datos lo más completa posible, que contenga información de las personas que conforman la organización.

La tarea de recopilación de datos resulta eficiente si se efectúa mediante equipos de trabajo. Los equipos de trabajo están conformados por un conjunto de puestos que cumplen una función similar.

Mediante un análisis de la información es posible obtener una vista panorámica de mantenimiento y de la forma que desempeña su trabajo. Esta visión global constituye el punto de partida para llegar a la obtención de datos más específicos sobre los empleos.

La obtención de datos se concreta mediante distintas herramientas, como cuestionarios, entrevistas, opiniones de expertos, observación directa, ya sea utilizándolas individualmente o en forma combinada.

Una buena información configura la base fundamental para el análisis y diseño de puestos, los puestos representan el nexo de unión de los individuos y la organización.

El diseño adecuado de los puestos trae aparejado un alto nivel de satisfacción, lo que enriquece el desempeño del conjunto, con miras a la materialización de los fines mantenimiento.

De esto deriva la necesidad de contar con una base de datos, que nos proporcione información detallada, no sólo de las personas, sino también de los puestos y del perfil que los determina, esto nos ayudará en el rediseño de puestos, y en todas las demás actividades como en el reclutamiento, en la selección de personal, en la capacitación de quienes ya integran la organización y para determinar las formas de compensación e incentivos que sean pertinentes.

El análisis de los puestos consiste en la obtención y organización de información sobre los puestos de mantenimiento.

Para definir un puesto es indispensable obtener información precisa y puntual referida a la actividad específica de trabajo y de quien debe desempeñarla, de esta forma lo identificamos.

La identificación de puestos resulta sumamente esencial para la descripción de los mismos, para la determinación de una vacante, y para determinar el nivel de desempeño.

6.1.6. Planeación de los recursos humanos

PLANEACIÓN

Es prever las necesidades de personal a corto, mediano y largo plazo. Así cuando mantenimiento detecta que se va a producir una vacante o que resulta insuficiente el personal con el que cuenta, debe comunicar a recursos humanos, y proporcionar la información adecuada sobre el perfil del puesto a cubrir. -

Recursos humanos debe proceder al reclutamiento de personas, y luego efectuar la selección que puede ser interna cuando el postulante ya pertenece a la empresa o externa, en caso contrario. Esa selección debe ser realizada teniendo en cuenta el perfil del puesto ya definido previamente.

La **planeación** permite incorporar el personal adecuado en el momento oportuno. Los beneficios que aporta la planeación son entre otros:

Un mejor aprovechamiento de los recursos humanos propios de mantenimiento.

- Previene gastos evitando contrataciones innecesarias.
- Colabora en el mejoramiento de la productividad de la empresa aportando el personal adecuado en el momento adecuado.
- Ayuda a la concreción de las metas de mantenimiento.

Todo subsistema de una empresa se ve influido por el entorno tanto externo como interno de la organización, distintos factores como por ejemplo desafíos de carácter social, económicos, políticos, legales, cambios e innovaciones tecnológicas, la competencia, afectan la tarea que debe desempeñar, de allí la necesidad de la elaboración de planes estratégicos.

¿Qué es un plan estratégico?

Es la decisión más importante, mediante la cual mantenimiento fija determinadas metas a cumplir en determinado plazos, que pueden ser a corto, mediano y largo plazo. Y en virtud de la concreción de esas metas se determinan los puestos y sus especificaciones, las habilidades y capacidades que debe reunir la persona que lo ocupe, el número de trabajadores que se necesitará, etc.

Dentro de la actividad de planeación se realizan otras actividades, que son:

- El reclutamiento
- La selección de personal

EL RECLUTAMIENTO

El reclutamiento tiene por finalidad atraer e identificar a un número de personas idóneas que se presenten para cubrir determinadas vacantes,

Es necesario conocer el puesto, sus especificaciones, las capacidades y habilidades que requerirá el postulante como así también el entorno en que éste deba desempeñar sus tareas

El reclutamiento puede ser interno cuando el personal proviene de la propia empresa, o externo cuando el personal reclutado no pertenece a la organización.

Si el reclutamiento es interno, revisten importancia los datos y toda la información que el área de recursos humanos disponga en su propia base de datos. El registro de información que el sistema contenga, cuanto más detallado y más actualizado se encuentre, más relevante será para su aplicación. Si en cambio, el reclutamiento es externo, adquieren importancia las distintas formas de solicitud de empleo que tienen por finalidad obtener la mayor cantidad de datos referidos a habilidades y capacidades como, antecedentes laborales, académicos, profesionales, etc., de los postulantes.

LA SELECCIÓN DE PERSONAL

Es el proceso que debe seguirse para la toma de decisión sobre el postulante que va a contratarse. El desafío de la selección se puntualiza en proporcionar a la empresa el personal que resulte más idóneo para cubrir el puesto vacante. Al decir que se trata de un proceso, estamos haciendo referencia a que la selección implica el cumplimiento de distintas etapas escalonadas, en las cuales se va evaluando la capacidad y habilidad de los distintos postulantes para cubrir la vacante. El número de pasos del proceso de selección y su secuencia, varía no sólo de acuerdo a la gestión, sino también con el tipo de puesto que hay que cubrir.

Es una tarea que requiere por parte de quien la desempeñe tomar una actitud objetiva, y de gran responsabilidad, pues su decisión implica seleccionar una persona que se desempeñe eficazmente dentro de la organización aportando todas sus potencialidades, o no, con lo cual la empresa se vería perjudicada.

6.1.7. Desarrollo de los recursos humanos. Los responsables de recursos humanos necesitan manejar los cambios de tal manera, que las actividades que ellos realizan se fusionen en forma efectiva con las necesidades de la organización.

El desarrollo también contempla el adiestramiento de los nuevos empleados, a través del acceso al conocimiento de los aspectos y funciones esenciales del puesto que ocupará dentro de la organización.

La característica más significativa del mundo que nos toca vivir, si de algo estamos seguros, es que todo cambia, y debido a esto continuamente tanto las personas como las organizaciones debemos adecuarnos a él.

El desarrollo organizacional es una estrategia de aprendizaje con miras a la obtención de un cambio planeado de la organización.

El desarrollo organizacional es una respuesta al cambio, una compleja estrategia educativa cuya finalidad es cambiar creencias, actitudes, valores y estructura de las organizaciones, para que estas puedan adaptarse a los nuevos desafíos que el mundo nos presenta.

La orientación es una tarea que compete tanto a recursos humanos como así también al supervisor del área al que pertenezca el nuevo empleado, y su finalidad es la de ofrecerle mejores condiciones para su integración a la empresa, o bien en el caso de que un trabajador sea transferido a otra área posibilitarle una mejor integración en el nuevo puesto.

Capacitar es movilizar las posibilidades, habilidades y capacidades de una persona para mejorar su desempeño.

El desarrollo requiere adquisición e integración de habilidades, comportamientos y modos de pensar nuevos, para ello es fundamental determinar las necesidades de formación y de instrucción.

6.1.8. Evaluación del desempeño. Toda actividad para que pueda ser completada con eficacia debe incluir esta etapa de evaluación.

Evaluar es valorar el desempeño no sólo de las personas, sino de mantenimiento en su conjunto. La retroalimentación del sistema sólo puede darse si se concreta esta instancia de evaluación.

6.1.9. Especialidades necesarias. Las especialidades básicas de mantenimiento son cuatro: automotores, mecánica, eléctrica y electrónica. Tenemos que analizar en el caso concreto, conforme al tipo de instalación, qué tipo de especialistas nos conviene tener.

Algunas veces puede ocurrir que por el tipo de trabajo no se justifique tener alguna de las especialidades, en este caso nos enfrentamos a dos opciones: capacitar a nuestro personal en la especialidad faltante o contratar la especialidad temporalmente utilizando las empresas de servicios.

En décadas anteriores se buscaba a operarios especializados en un único rubro o incluso en un único tipo de máquina. Actualmente las nuevas exigencias de flexibilidad y productividad han motivado la aparición del concepto de personal polivalente. Así, para una especialidad como por ejemplo la electricidad, no sólo buscaremos personal capacitado para reparar cualquier tipo de instalación eléctrica, sino que además disponga de conocimientos de otras especialidades como la mecánica o electrónica.

Esta polivalencia viene sostenida incluso desde las escuelas de formación técnica, en las que se estudiaban las distintas especialidades. Por ejemplo, un operario electromecánico será capaz no sólo de realizar las reparaciones mecánicas, sino también gran parte de las eléctricas y una parte de las electrónicas. De esta manera se simplifica el número de operarios en una reparación.

Con el personal que no se encuentra lo suficientemente capacitado conviene capacitarlo y hacerlo polivalente, esto exige un esfuerzo en la formación, que deberá ir orientada a aspectos generales de las otras especialidades y posteriormente, a los detalles de las reparaciones típicas que deberá afrontar.

Con respecto al perfil y funciones que debe tener el personal de producción podemos mencionar que van evolucionando a medida que las empresas se van automatizando de la siguiente manera:

Las tareas de fabricar exigen cada vez mayor polivalencia en el proceso de producción y además exigen colaborar con en el mantenimiento.

Los operarios de producción ven cada día cómo el trabajo va pasando de tareas de operación a supervisión, cambio de matrices, e incluso tareas de mantenimiento. La mayor disponibilidad de tiempo de estos operarios en relación a tiempos pasados, les permite asumir tareas también de control de calidad y de limpieza.

En épocas pasadas se observaba que la misión del operario de producción era fabricar el mayor número de unidades posibles por unidad de tiempo y que por lo tanto no realizaba tareas de control de calidad ni de mantenimiento. Así cuando se producía alguna anomalía, lo habitual era continuar mientras no afectara a la producción, sin tener en cuenta ni darle importancia a la calidad.

En la actualidad se tiene mayor conciencia de que la cantidad de producción y la calidad son importantes y dependen del estado de la máquina y la atención del operario.

- La tarea de mantenimiento requiere cada vez más de profesionales capacitados ante maquinaria sofisticada, con problemas que tienen mayor incidencia sobre la línea productiva.
- Por otra parte, el personal de mantenimiento es apoyado en las tareas de mantenimiento ligeras por el personal de producción. Las máquinas están sometidas a un riguroso control y cualquier pequeña anomalía se les comunica inmediatamente para su corrección.
- Las tareas básicas de control y medición pasan a ser responsabilidad de cada operario de producción que detecta y corrige las anomalías que se producen dentro de sus posibilidades.
- Las tareas de controlar a través de una línea jerárquica llevan a desarrollar un trabajo en equipo.

Todos estos cambios, tanto en el entorno como en las propias tareas conducen a responsabilizar al operario de fabricación no solo por el volumen de producción, sino también por su puesto de trabajo.

De esta manera, el correcto funcionamiento de las máquinas y equipos ya no sólo es responsabilidad exclusiva de mantenimiento, sino que se trata de una responsabilidad compartida con los operarios de producción.

Las **ventajas** que se obtienen involucrando al personal de producción en el mantenimiento de las instalaciones son varias:

- El personal de producción se cuidará de no realizar ninguna maniobra con el equipo que pueda causarle avería.
- Procurará que al equipo que opera se le realice el mantenimiento preventivo necesario para evitar paradas innecesarias.
- • comunicará inmediatamente a mantenimiento cualquier problema que detecte para evitar una posible falla.
- Las tareas de mantenimiento preventivo se llevan a cabo en forma programada y son registradas por el operador de la máquina.
- El área de mantenimiento delega una serie de tareas que no necesitan una especial preparación para ser ejecutadas. Además, el mayor contacto que se establece con el personal de producción conlleva una mayor compenetración con el equipo durante su funcionamiento, lo cual permite realizar un histórico de fallas y de esta forma poder predecir las averías con mayor facilidad.

Estos hechos implican que la organización de mantenimiento se adapte a las nuevas tendencias para poder dar el servicio correspondiente.

Podemos definir el **primer escalón** de mantenimiento como el correspondiente a los trabajos básicos y mínimos a realizar sobre las instalaciones. A este nivel pertenecerían entre otros:

- Detección de ruidos
- Sustitución de piezas desgastadas
- Observar los niveles de grasa y aceite en los depósitos y agregarle si hiciera falta
- Engrasar y aceitar los diferentes puntos indicados
- Corregir si es posible las pérdidas que pudieran aparecer en los circuitos
- Cambio de filtros
- Purga de circuitos
- Observar el estado de las juntas de estanqueidad
- Reposición de lámparas de iluminación
- Limpieza de los equipos.

Estos trabajos, tras un período de capacitación pueden ser realizados por los operarios de producción. Junto con esta formación pueden crearse los

correspondientes procedimientos de trabajo que especifiquen el alcance de cada una de estas actividades. Lógicamente ante cualquier problema que aparezca en la realización de estos trabajos, mantenimiento debe apoyar desde su organización al personal de producción.

El **segundo escalón** de mantenimiento agruparía los trabajos que necesiten una mayor especialización. Los trabajos de mantenimiento, correctivos y preventivos de mayor complejidad.

El **tercer escalón** es el de **ingeniería de mantenimiento**.

La parte de ingeniería sería la responsable de optimizar los diferentes mantenimientos empleados, al estudio de las modificaciones necesarias para las optimizaciones, formación del personal del primer y segundo escalón, la preparación de la documentación técnica, el análisis de averías, etc.

Para realizar el mantenimiento suele ser común que se recurra a empresas de servicios, por lo que es importante analizar los distintos tipos de contratos que se pueden realizar, este es el motivo de estudio en el siguiente tema.

Ejemplo de la implementación del plan de capacitación

A continuación mostramos las etapas de un plan de capacitación que se realizó en seis sectores de una PYME metalmecánica de nuestro medio, la cual autorizó la publicación de la información, pero pidió no ser mencionada.

Este plan se desarrollo en las siguientes etapas:

- Evaluación del nivel de conocimiento, para conocer a qué personas y en qué temas había que capacitarlos; para esta tarea se uso la ficha de evaluación personal.
- Análisis de los resultados obtenidos y estudio estadísticos de los mismos.
- Realización de un plan que incluye el cronograma de capacitación.
- Capacitación.
- Control y análisis de los resultados obtenidos.

En la Figura 35 vemos algunas plantillas utilizadas como así también el resultado de la evaluación inicial del personal, y su análisis estadístico

6.1.10. Tipos de contratos. Como ya dijimos para realizar el mantenimiento, se suele recurrir a empresas de servicios especializadas para la realización de los trabajos. Estas empresas pueden abarcar desde la asistencia técnica de los equipos adquiridos hasta empresas destinadas a mantenimiento sin ninguna relación con los equipos comprados.

La contratación de empresas de mantenimiento está fundamentada en dos razones principales:

La primera es que determinados equipos poseen un grado de complejidad o responsabilidad que obligan a contactar con especialistas para ejecutar la reparación. Estos técnicos e ingenieros especialistas generalmente suelen pertenecer a las mismas empresas que suministraron los equipos. Pueden existir razones justificadas para generar estos especialistas dentro del personal de mantenimiento, por ejemplo si existe un número elevado de equipos y máquinas instalados.

La otra razón para trabajar con empresas de mantenimiento se basa en los diferentes niveles de producción que originan también distintas variaciones en la atención de mantenimiento a lo largo del año. El incremento de averías en determinadas épocas o bien la necesidad de realizar paradas de fábrica puntuales para operaciones de mantenimiento suponen la necesidad de un número elevado de recursos que no se justifica tenerlos en forma estable.

Figura 35. Análisis de resultados y estudio estadístico

Plan de Capacitación						
Análisis de los resultados y estudio estadístico						
Promedios de Evaluación por Sector						
N Per	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	57,1	100,0	71,4	28,6	0,0	50,0
2	57,1	14,3	14,3	71,4	0,0	25,0
3	0,0	42,9	42,9	100,0		25,0
4		28,6		14,3		25,0
5				14,3		
6				57,1		
7				42,9		
T.Per	3	4	3	7	2	4
Pro=	38,1	46,4	42,9	46,9	0,0	31,3
Sector	% Conoc. Prom	% Conoc. Faltan.				
1	38,1	61,9				
2	46,4	53,6				
3	42,9	57,1				
4	46,9	53,1				
5	0,0	100,0				
6	31,3	68,8				

CONTRATOS POR ADMINISTRACIÓN

Este tipo de contrato establece un precio por hora para cada especialidad y categoría contratada sin entrar a analizar en detalle las tareas que se realizarán.

El contrato se puede establecer para un período en el que se desarrollarán varios trabajos, por ejemplo una parada general de fábrica, o bien para un trabajo concreto. La facturación se establece en proporción a las horas trabajadas por cada especialidad.

CONTRATOS POR PRECIO UNITARIO

Este tipo de contratos se utiliza para volúmenes de trabajo importante y repetitivo y se establece un precio por unidad de trabajo.

La unidad puede ser metros cuadrados, metros lineales, cantidad de máquinas, equipos etc. Se trata de descomponer la totalidad del trabajo en unidades medibles. Un caso típico puede ser un cambio de piso en el que se fija el precio por metro cuadrado. La facturación se realiza tras la medición de los metros cuadrados de piso. En este caso no se fijan los recursos humanos que la empresa aportará, sino la cantidad de trabajo a realizar.

CONTRATOS A PRECIO FIJO

En este caso se trata la realización de un trabajo, aclarando previamente, el importe por trabajo, se acotan las responsabilidades de cada parte contratante.

El personal necesario lo fija la empresa que realizará el trabajo. Esta modalidad puede utilizarse tanto para trabajos que solo se realizan una vez, por ejemplo nuevas construcciones, como para trabajos repetitivos, desmontaje y montaje de equipos o máquinas.

La principal característica de estos contratos es que la empresa que contrata el servicio solo supervisa las ejecuciones de los trabajos sin tener mando directo sobre los operarios del contratista. A excepción del primer caso, la productividad del personal es más importante para el beneficio de la empresa contratada que para la contratante, dado que el precio está fijado de antemano.

6.1.11. Diferencias entre trabajar con personal propio o contratado. Si nos detenemos a analizar las diferencias existentes entre una modalidad y otra diremos que:

- El personal propio puede realizar un número de horas constantes a lo largo de los años, pero sí la carga de trabajo es superior a esta capacidad, no hay posibilidad de realizarla, y debemos optar por aumentar el personal, lo que implica que cuando la carga de trabajo descienda nos encontraremos con personal en

exceso. En estos casos la utilización de cualquiera de los contratos que hemos visto resulta más rentable que la contratación de personal propio, dado que la facturación se hace por el trabajo que realizan.

- Para algunas especialidades, la carga de trabajo será menor que el equivalente horas por año de una persona. Puede optarse por contratar una empresa de servicios para la realización de los trabajos de esta especialidad solamente en el momento que se necesiten.
- En cuanto a los períodos de vacaciones, para el personal estable de la empresa debemos tener en cuenta los períodos en los que se reducirá la capacidad de trabajo, si en cambio los trabajos están contratados este problema no se plantea.

Los operarios de las empresas de servicios pueden ser diferentes para cada trabajo, lo que en ocasiones puede ser un inconveniente si las instalaciones o procedimientos de trabajo son complejos ya que tendrían primero que habituarse.

- Si para la realización de toda la tarea de mantenimiento es contratada una única empresa, corremos el riesgo que tanto nuestras máquinas y equipos como así también nuestro nivel de producción, queden en manos de una empresa con intereses distintos a los propios, razón por lo cual no es aconsejable bajo ningún punto de vista realizar una contratación de éste tipo. No obstante, si se quisiera eliminar todo el personal propio de mantenimiento, el contrato debería definir no sólo las tareas a realizar, sino también el cumplimiento de los objetivos concretos de mantenimiento que se desea lograr, para asegurar niveles mínimos de disponibilidad en las máquinas y equipos. También hay que tener en cuenta los posibles conflictos laborales, como es el caso de una huelga, que podría traer aparejado la parada de nuestras instalaciones sin tener posibilidad de actuar para resolver las diferencias. De la misma forma, se debe considerar la solvencia y la capacidad de desarrollo de la empresa a contratar.
- Estos aspectos implican que será conveniente siempre contar con un mínimo de personal propio que sea capaz de cubrir las reparaciones mínimas o posibles urgencias que aparezcan.

6.1.12. Productividad del personal de mantenimiento. Si nos referimos a la productividad del personal de producción, la idea se asocia con un aumento de producción en relación al tiempo. Su control es bastante sencillo ya que nos encontramos con procesos definidos y repetitivos en la mayoría de los casos, en donde las condiciones de trabajo se mantienen prácticamente constantes. En el caso de mantenimiento, la forma de medición no es tan sencilla.

Si tomamos como producto de mantenimiento las reparaciones que éste subsistema efectúa, entenderemos a la productividad como el número de reparaciones realizadas por unidad de tiempo.

Sin embargo, las condiciones de trabajo de producción y de mantenimiento son muy diferentes, así:

- El personal de producción tiene definido su trabajo con muy pocas variaciones, en tanto que el personal de mantenimiento sólo tiene definida una especialidad y las tareas suelen ser muy variadas. El hecho de tener las tareas definidas en producción permite optimizarlas en un mayor grado que en mantenimiento, donde estas tienen un gran espectro.
- El lugar de trabajo de los operarios de producción es siempre el mismo, por lo que les resulta familiar, en cambio para mantenimiento es siempre cambiante en función de donde tenga lugar la falla, esto trae aparejado un movimiento de herramientas y un proceso de conocimiento del lugar, análisis de la instalación, etc.

Es difícil en la actividad de mantenimiento encontrar un parámetro de medida que nos permita comparar diferentes productividades, difícilmente podremos utilizar la relación entre trabajo realizado y horas empleadas. La exigencia sobre resultados a obtener para el caso del personal de fabricación, tras las horas trabajadas, será una determinada cantidad de producción con una mínima calidad. En mantenimiento, los parámetros de medición son distintos y no podemos comparar las horas trabajadas con las reparaciones realizadas.

En esta área debemos comparar las horas de trabajo con los resultados obtenidos y los aspectos para evaluar los resultados serán:

- Disponibilidad de máquinas y equipos en relación a las horas utilizadas para su mantenimiento.
- Costo total empleado en mantenimiento por horas trabajadas.
- Número de accidentes y su gravedad, por horas trabajadas.

En este último punto tenemos en cuenta, además de la obtención de buenos resultados, la rapidez y la calidad en las tareas de mantenimiento, otro factor muy importante es la seguridad de las personas que trabajan.

Muchas veces, las prisas para terminar un trabajo dejan a un lado las medidas de seguridad necesarias, produciendo accidentes no sólo para las personas, sino también para las propias instalaciones.

Los parámetros de medición utilizados para poder evaluar la seguridad en el trabajo suelen ser el índice de frecuencia IF y el de gravedad IG. El primero refleja el número de accidentes en relación a las horas trabajadas, lo que demuestra realmente el número de accidentes. El índice de gravedad trata de reflejar mediante la relación entre las jornadas perdidas y las trabajadas, la gravedad de estos accidentes.

Generalmente las acciones para mejorar estos parámetros pasan por el personal, por lo tanto conviene que se encuentre motivado y formado para el trabajo que se le asigna.

6.1.13. Acciones para motivar al personal. Las acciones para motivar al personal deben realizarse a través de dos vías:

- La eliminación de los aspectos desmotivantes
- La potenciación de los motivantes.

Como elementos desmotivantes a superar podríamos citar:

- Falta de organización en la empresa
- Supervisión desgastante
- Condiciones de trabajo no adecuadas
- Salario no adecuado

Como elementos motivantes podemos destacar:

- El reconocimiento a la tarea bien realizada
- El trabajo en sí mismo
- El asumir responsabilidades
- La promoción

Aun así, la escala de valores de las distintas personas resulta muy particular como para que existan fórmulas exactas que permitan obtener logros importantes con su aplicación.

La capacitación del personal es otro de los aspectos a tener en cuenta para poder permitir que el personal realice sus trabajos con rapidez y calidad. Cuanto mayor sea esta capacitación, más formado estará el personal para tomar decisiones ante pequeños problemas.

6.2. LA SEGURIDAD EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO

La actividad en el mantenimiento, lleva aparejado además de los conocimientos propios de cada una de las distintas actividades o el oficio, los requisitos o cuidados mínimos necesarios para la prevención de accidentes, es decir las normas de seguridad propias de cada actividad, a estas se les debe sumar el aporte por medio de los servicios de Higiene y Seguridad en el trabajo, cuya función como ya lo hemos visto, es difundir y verificar que se cumplan las normas establecidas para asegurarse en lo que se refiere a la prevención de accidentes y enfermedades del trabajo.

Este asesoramiento puede ser hecho por organismos tales como empresas privadas o por profesionales pertenecientes a la misma empresa previamente habilitados por la superintendencia de riesgos del trabajo; cualquiera sea el caso estos son los encargados de realizar, dar difusión y aplicar los procedimientos que

se hayan creado para que cada actividad se realice de forma segura tanto para el operador como para las instalaciones y el medio ambiente.

A continuación vemos algunas definiciones sobre la terminología a utilizar.

Agentes materiales: denominaremos así a todos aquellos elementos que están en contacto directa e indirectamente con el operador y la actividad que realiza.

Maquinas dinámicas, por ejemplo: generadores de energía, sistemas de transmisión para trabajar el metal, maderas, agrícolas, mineras, etc.

Otros aparatos, que pueden ser estáticos, por ejemplo: recipientes de presión, hornos, estufas, plantas de refrigeración, acumuladores de energía, etc.

Elementos de transporte y manipulación, tales como aparatos de izar, de traslación por vías férreas, rodantes, por aire, acuáticas, y cualquier tipo de transporte.

Elementos materiales y de radiación, el caso de polvos, gases, líquidos, sustancias químicas, radiaciones electromagnéticas, láser, infrarrojas, ultravioletas, ionizantes, luminosas, etc.

Las instalaciones eléctricas, como por ejemplo maquinas, conductores, transformadores, aparatos de mando y control, etc.

Las herramientas de mano, como por ejemplo las del tipo manual, eléctricos manuales, neumáticos manuales, escaleras, rampas, andamios, etc.

Medio ambiente: se refiere al medio en el que se realizan las actividades de mantenimiento e incluye al entorno.

En el exterior, podemos mencionar: superficies de tránsito y de trabajo, aberturas de suelo, agua, clima, etc.

En el interior, citamos: pisos, escaleras, rampas, aberturas en pisos, paredes, sólidos, etc.

Seguidamente definimos distintos conceptos referentes a la seguridad industrial.

6.2.1. Accidente, condiciones peligrosas. El accidente es todo hecho brusco o repentino que produce lesiones en las personas y daños en los bienes materiales, que puede impedir tanto al empleado como al empleador, el normal desarrollo de las actividades.

Condiciones peligrosas e inseguras son aquellas que eliminadas previamente evitan el accidente o disminuyen la probabilidad de que ocurra.

Estas condiciones comprenden todo tipo de aspectos: mecánicos, químicos, biológicos, del medio ambiente y personales.

Veamos ahora a modo de ejemplo, los siguientes:

Protecciones inadecuadas, utilizar guantes de lona en lugar de cuero al manipular elementos calientes o cortantes; el uso de protectores locales cuando se necesita una protección en mayor grado como antiparras panorámicas en lugar de una facial, etc.

Herramientas y equipos defectuosos o inadecuados, emplear destornilladores como cortafríos, el uso de trincheras para pelar conductores eléctricos, llaves de mano en mal estado, con deformaciones, soldadas, etc.

Señalización inadecuada, defectuosa o inexistente, por ejemplo disponer de un bidón conteniendo ácido sin etiquetar, ubicado fuera del lugar de almacenamiento; tanques de productos químicos sin ningún tipo de identificación, etc.

Falta de orden y limpieza, existencia de restos de aceite en el lugar de trabajo, elementos sueltos en el piso, elementos innecesarios en el sector, etc.

Vestimenta de trabajo inadecuada o defectuosa, usar ropa que no sea la que le suministra la empresa, que la vestimenta no sea de algodón, etc.

Y cualquier otro tipo de condición que constituyera causa de accidentes.

Actos inseguros son aquellos en los que la falla es la conducta de los individuos al no cumplir con los requisitos de normas de seguridad y/o prácticas seguras comúnmente aceptadas y aumentan innecesariamente la probabilidad de accidente.

Entre los casos más frecuentes de este tipo de actos, podríamos citar los siguientes:

- Cualquier tipo de actividad, ya sea trabajos, operaciones, etc., realizados sin autorización previa por parte de los responsables.
- Formas defectuosas o inseguras de cargar, apilar, mezclar, almacenar, levantar y llevar pesos.
- Operaciones a velocidades inadecuadas, velocidad excesiva en la conducción de vehículos, mal uso de las velocidades de máquinas, herramientas, etc.
- Mal empleo del diseño de seguridad, por ejemplo no bajarse el protector facial antes de comenzar a realizar la actividad, sostener la máscara protectora durante la soldadura, utilizarla para llevar elementos extraños.
- Adoptar posiciones inseguras y defectuosas, ubicarse debajo de cualquier elemento que este suspendido para realizar algún tipo de reparación o modificación, etc.
- Ajustar, limpiar, arreglar, llenar, frenar máquinas en movimiento, por ejemplo el ajuste de correas cuando la maquina está en funcionamiento, tratar de frenar los cabezales de tornos, volantas de balancines, etc.
- Empleo de herramientas, equipos, materiales, vehículos inseguros o defectuosos, por ejemplo cortafríos con cabeza deformada, máquinas eléctricas de uso manual sin llave de corte con cables en mal estado, etc.
- Falta de atención en el trabajo u ocasionar incomodidad a otros, por ejemplo no trabajar en forma ordenada, jugar entre compañeros, llamar la atención arrojándole cosas a sus compañeros, etc.
- No usar los elementos de protección personal o hacerlo inadecuadamente.

FORMA DE OCURRENCIA DE ACCIDENTES

Si por su trabajo o por otras circunstancias ha tenido oportunidad de presenciar algún accidente, quizás haya observado que es común encontrar que los accidentes pueden ser ocasionados por caídas de personas a desnivel, desde una escalera, o a un mismo nivel por algún elemento extraño que ha pisado o

tropezado, también existen accidentes por caídas de objetos, por derrumbe de materiales, desplome de construcciones, objetos en manipulación, por choques o golpes contra elementos inmóviles, por ejemplo cañerías.

También pueden ocurrir accidentes por esfuerzos físicos al levantar objetos, por ejemplo el exceso de peso, al empujar o tirar objetos, al manipular o lanzar objetos; siempre que se vaya a realizar cualquier tipo de esfuerzo se debe tener en cuenta el no excederse para evitar cualquier tipo de lesión.

Otros accidentes ocurren por aprisionamiento de un objeto, por ejemplo en el armado de un equipo una de sus partes aprisiona la mano del operador entre objetos, o quedarse con la mano apretada al intentar montar un equipo, ya sea uno móvil y uno inmóvil o entre dos elementos móviles; accidentes por exposición al calor u objetos ardientes por ejemplo al calentar una pieza; exposición a frío u objetos muy fríos por ejemplo cuando se requiera enfriar una pieza para la colocación de otra aprovechando el efecto de contracción; exposición a energía eléctrica, por ejemplo los electrochoques por contacto directo con un conductor o indirecto por arco o descarga; exposición a radiaciones ionizantes o no ionizantes, cuando se está trabajando con descargadores o pararrayos radiactivos.

Pasemos a continuación a analizar los factores que contribuyen a evitar y a provocar accidentes.

FACTORES CONTRIBUYENTES A EVITAR Y PROVOCAR ACCIDENTES

Resulta preciso destacar que existen factores que contribuyen a evitar accidentes.

Uno de los más importantes que **contribuyen a evitar accidentes** es poseer capacitación para la realización segura de las tareas, la adecuación de estas a las características personales, y no asumir actitudes improcedentes, ya que aumentan las probabilidades de que el accidente ocurra.

También existen factores **que contribuyen a provocarlos**, a continuación mencionamos solo algunos:

- Incumplimiento de las normas o instructivos de seguridad
- Falta de experiencia, habilidad o entrenamiento
- Exposición innecesaria al peligro
- Defectos físicos o psíquicos
- Embriaguez

A continuación vemos los procedimientos para realizar tareas en forma segura.

6.2.2. Procedimiento para realizar actividades que entrañan riesgos

Actividades físicas

El objetivo de tener en cuenta procedimientos para realizar actividades físicas, es: Evitar cualquier tipo de lesión tanto muscular o articular como así también la disminución del riesgo de accidente de cualquier tipo, mediante el conocimiento y aplicación continua de técnicas de elevación de pesos.

Se debe evitar el transporte de pesos o cargas por encima de personas, no debiéndose de levantar más de 20 Kg. en situaciones de trabajo personal.

Riesgo eléctrico

El objetivo de seguir un procedimiento de riesgo eléctrico, tiende a:

Evitar cualquier tipo de lesión, tales como quemaduras, golpes por energía contenida y/o electrocuciones, provocada por el contacto directo o indirecto con elementos conductores o de maniobra y control, los cuales se encuentren bajo tensión, para aumentar la seguridad y disminuir el riesgo de accidente.

DIFERENCIACIÓN DE LOS NIVELES DE TENSIÓN

La tensión de alimentación de máquinas y equipos se diferencia en función de sus niveles de suministro de acuerdo a:

Muy baja tensión, a las tensiones hasta 50 y. en corriente continua o iguales valores entre fases de corriente alterna

Baja tensión, corresponde a las tensiones por encima de 50 y. hasta 1000 y.

Media tensión, corresponde a los valores de tensión por encima de 1000 y. hasta 33000 y.

Alta tensión, corresponde a tensiones por encima de 33000 y. hasta 132000 y.

Muy alta tensión, corresponde a los valores de tensión superiores a 132000 y.

Las acciones a tomar

- Todas las partes de las instalaciones de fácil acceso, deberán ser aisladas convenientemente.
- Todos los equipos y tableros eléctricos deberán tener letreros de peligro y estar debidamente señalizados.
- El personal capacitado para realizar las actividades o tareas eléctricas, deberá tener conocimientos de cómo separar al operador del circuito en caso de contacto directo o indirecto, como así también de primeros auxilios, método de respiración artificial, lucha contra el fuego y evacuación de locales incendiados.
- Todos los equipos y tableros eléctricos deben mantener, estar y permanecer con sus bornas de conexión tapada, puertas cerradas, barras de conexión protegidas o de difícil acceso, etc. de manera tal que se aisle cualquier tipo de riesgo por contacto directo.
- El material utilizado, tanto conductores como elementos de maniobra y control, para la alimentación de equipos eléctricos serán previsto según las consideraciones de cada caso en particular, tensión de trabajo, carga, etc.
- Solamente el personal calificado y debidamente autorizado realizará las intervenciones.
- En lo posible se realizarán las actividades, ya sean tareas de reparación, mantenimiento o modificación, con cero tensiones.
- Toda intervención será realizada como si el circuito estuviera con tensión, en ningún caso se quitarán los elementos de protección personal, ni los de seguridad.
- En caso de no ser posible la realización de las actividades o tareas a realizar, con cero tensión, las mismas serán presenciadas por el responsable del área.

- Cada vez que se realice una modificación en un circuito eléctrico ya existente, deberá ser inspeccionada por una persona competente distinta a la que realizó la modificación.
- Se realizarán inspecciones de forma regular para controlar el estado de las instalaciones.
- Cuando sea imposible instalar los circuitos eléctricos o los elementos de los equipos eléctricos de manera que no sean accesibles al resto del personal que no sea el habilitado, se tomará como medida su instalación en locales o cercos donde solo ingrese el personal autorizado.
- Todo equipo eléctrico que requiera ser examinado o regulado durante su funcionamiento estará instalado de modo tal que permita la realización de tareas de una forma cómoda.
- Todos los conductores eléctricos deberán estar sujetos y distribuidos de forma conveniente.
- Todos los conductores deberán estar perfectamente señalizados para evitar cualquier tipo de confusión, en el caso de que se deba trabajar con tensión.
- Toda alimentación de elementos eléctricos para comando y maniobra deberá ser tomada de transformadores de tensión, instalados convenientemente.
- En caso de no ser posible la instalación de transformadores, de modo que se alimenten los elementos de comando y maniobra en forma directa, se lo deberá aclarar con carteles perfectamente visibles.
- Se instalarán en estos casos disyuntores diferenciales, a fin de proteger a los operadores de cualquier riesgo.
- Para la alimentación de los elementos eléctricos de comando y maniobra en baja tensión en lo posible se utilizará una tensión de seguridad (12 y o 24v) adecuada según las condiciones de trabajo.
- Todo equipo eléctrico deberá tener su puesta a tierra en buenas condiciones, es decir perfectamente fijada y con una resistencia adecuada, en lo posible de 5 Ohm o menos de resistencia.
- Todo elemento que sea utilizado para el transporte de conductores de energía eléctrica entre equipos, tableros, sub-estaciones, etc., deberá llevar su puesta a tierra instalada.
- En lugares donde existan materiales inflamables de cualquier tipo, solo se instalarán motores eléctricos del tipo antiexplosivo o blindado.
- Además de los elementos de protección personal, también será obligatorio usar los elementos de seguridad necesarios tales como:
 - Guantes aislantes
 - Protectores faciales -
 - Herramientas aisladas perfectamente
 - Detectores de tensión
 - Lámparas de iluminación portátiles
 - Transformadores de tensión con salida no superior a 24 y

- En caso de tener que utilizar máquinas eléctricas con tensión superior se utilizarán transformadores para su alimentación.
- Taburetes o alfombras aislantes y pértigas de maniobras aisladas
- Solo el personal autorizado y capacitado realizará cualquier tipo de maniobras en media tensión.
- Toda maniobra será realizada con el expreso conocimiento de los responsables del área.
- Estarán perfectamente señalizadas y serán realizadas dentro de lo posible por la misma persona, todas las maniobras tales como:
 - Seccionar o cerrar interruptor
 - Extraer o insertar interruptor
 - Poner o sacar la puesta a tierra
- Las tareas o actividades de mantenimiento realizadas en las instalaciones de media tensión serán realizadas por el personal destinado a tales actividades.
- Se procederá a descargar la instalación. Después que se haya verificado que la instalación o el circuito se encuentran sin tensión, se colocarán las puestas a tierra de seguridad y se cortocircuitarán las barras. Una vez terminadas las actividades, el supervisor o responsable del área las verificará.
- Solo cuando se hayan terminado las actividades y normalizado los equipos, se solicitará la normalización del servicio. Una vez que sea solicitada la normalización del servicio se dará aviso al responsable del área para que autorice la maniobra.
- Una vez que se realice la maniobra y se normalice el servicio, se dejarán asentadas por escrito todas las intervenciones realizadas como así también los responsables. Toda actividad que se esté realizando en líneas aéreas o en exteriores se suspenderá en caso de tormenta.
- Toda actividad o tarea a realizar en líneas aéreas que se encuentren anilladas, deberán quedar sin tensión.
- En toda tarea o actividad a realizar en forma de reparaciones o canalizaciones subterráneas se tomarán todas las precauciones de los puntos anteriores.
- En la apertura de zanjas o excavaciones se colocarán previamente barreras u obstáculos, para evitar el acceso.

6.2.3. Protección en la operación de máquinas y herramientas. El objetivo del procedimiento para protección en la operación de máquinas y herramientas es tomar las precauciones para evitar cualquier tipo de lesión, tales como cortes, golpes, daños durante su utilización, reparación y elementos de protección personal.

Las protecciones o resguardos se pueden clasificar en:

Fijos, son aquellos que, como su nombre lo indica, permanecen unidos permanentemente a la máquina, impidiendo el acceso a la zona de peligro.

Interconectados, en estos casos la protección funciona al mismo tiempo en que la máquina comienza a operar.

Automáticos, existen resguardos electrónicos que funcionan en forma automática. Las

Acciones a tomar

- Todas las máquinas deben suministrar real protección al operador.
- No deben intervenir en la tarea, debido a que el operador tiende a eliminarlas cuando dificultan la tarea.
- Sus características importantes serán:
- Los resguardos deberán ser resistentes al fuego y la corrosión.
- Los resguardos deben pertenecer o ser parte de la máquina
- Las máquinas-herramientas deberán ser seguras para el operador y en caso de no serlo, no podrán utilizarse sin los elementos de protección personal necesarios
- Las máquinas que estén conformadas por elementos o partes con movimiento de giro o de rotación, serán aislados mediante protecciones, de forma tal que no presenten ningún tipo de riesgo al operador
- Las máquinas deben tener un botón de parada de emergencia, para poder detenerlas en caso de urgencia
- Las transmisiones comprenderán acoplamientos, correas, poleas, engranajes, cardan, etc., en ellas se aplicarán las protecciones que se crean convenientes
- Las protecciones deberán ser eficaces por su diseño y de material resistente, deslizables para el ajuste reparación o carga
- No interferirán con el proceso productivo
- Serán parte integral de la máquina y por lo tanto su montaje o desplazamiento solo será intencional
- No presentarán riesgos por si mismas, ni obligarán al operador a adoptar posiciones incómodas o riesgosas que puedan favorecer alguna situación que provoque el accidente al operador
- Deben proteger al operador de las proyecciones de sólidos-y /0 líquidos
- Todas las herramientas de uso manual deben tener sus respectivos mangos o empuñaduras en perfecto estado de conservación.
- Todas las máquinas eléctricas de uso manual deberán verificarse antes de su utilización, a fin de asegurar que posean los elementos de protección en buen estado, tanto llaves de marcha / parada y pulsadores, como de proyecciones.
- Toda actividad de mantenimiento ya sea preventiva, reparativa o modificativa será realizada solamente en las mejores condiciones de seguridad posibles incluyendo la detención y desconexión de las máquinas.
- Toda máquina que esté siendo intervenida deberá poseer una llave de bloqueo para su re-conexión y la misma estará en manos del supervisor o encargado.
- Toda máquina que fuese insegura, deberá ser dejada fuera de servicio hasta se realicen las acciones correspondientes.
- Al realizar toda operación de maquinado o procesado se usarán los protectores oculares correspondientes.

- Se tratará de no utilizar guantes durante las operaciones en máquinas con movimientos giratorios o envolventes.
- En máquinas-herramientas tales como tornos, fresadoras, limadoras, etc., el cambio o reposición de pieza, herramientas, plato, etc. se realizarán con las máquinas apagadas y se las moverá con la mano, no con la fuerza del motor.
- Cuando se realicen actividades en el tomo verificar que la contra-punta, porta-herramienta y la pieza estén bien aseguradas.

7. MANTENIMIENTO A EQUIPOS ELECTRICOS

7.1 MANTENIMEINTO PARA MOTORES MONOFASICOS

Para estos motores aplicamos básicamente mantenimiento correctivo en el cual realizamos cambios necesarios para un buen funcionamiento de dicha maquina por lo que se debe tener un buen stock de las parte que lo conforman.

También se le realiza mantenimiento preventivo el cual se realiza a cualquier maquina ya que consta de limpieza general como se encuentra el interruptor del centrifugo, engrases y limpieza de bornera.

A esta maquinas se le realizan varias mediciones con el fin de encontrar la resistencia de bobinaos o fugas de corriente por un mal aislamiento. Se le realiza mediciones de temperatura para averiguar si dicha maquina esta operando en condiciones normales.

-Prueba termografía la cual consiste en medir la resistencia entre el devanado de régimen de marcha y el devanado de arranque, la cual nos brinda una información sobre como se encuentran los devanados y los rodamientos.

-Prueba al condensador de cómo esta cargando y descargando ya que un condensador en mal estado genera problemas para el arranque.

-Al rotor también se debe someter a pruebas las cuales nos define el comportamiento magnético de dicho elemento.

7.2 MANTENIMEINTO DE MOTORES TRIFASICOS

El motor eléctrico trifásico es uno de los equipos de mayor aplicación en la industria. Una falla repentina en este puede tener grandes consecuencias, por lo que resulta necesario asegurar su continuidad operativa mediante la detección oportuna de fallos, originada por aspectos de tipo eléctrico, mecánico y térmico. Conocer una falla a tiempo permite planear al motor un mantenimiento y reducir perdidas de producción.

A estos motores en un principio la única técnica de diagnostico utilizada era el análisis de vibraciones, en la actualidad existen instrumentos, electrónicos, como métodos de análisis de aplicación para la detención de falla. Así se pueden encontrar equipos actos para el análisis, físico químico de lubricantes, mediciones de par, la velocidad, temperatura, ruido, en definitiva la observación y seguimiento de casi todas las variables de la maquina que sufre alguna alteración con la existencia de avería.

Pruebas necesarias en motores trifásicos.

- **Prueba de aislamiento.**

La función principal del aislamiento en las máquinas eléctricas consiste en separar partes que se encuentran a diferentes potenciales (conductores entre sí, con respecto a la carcasa, chapas magnéticas, etc.) La calidad del aislamiento suele determinar la fiabilidad del servicio de una máquina ya que es el elemento más sensible, en especial a las temperaturas elevadas

De acuerdo a las mediciones realizadas definimos que clase de aislamiento posee aplicando la tabla anterior.

- **Prueba de resistencia de aislamiento.**

- Limpieza de la superficie de contacto.
- Medir la temperatura ambiente.
- Duración de la prueba 1 minuto, para evitar que se presente el
- Efecto de polarización.
- Valores mínimos de resistencia de aislamiento. La norma
- ANSI/EASA AR 100-2001, recomienda los valores mínimos.

- **Índice de absorción.**

Para medir esta relación se mide la resistencia de aislamiento en 30 segundos y 60 segundos.

- **Índice de polarización.**

Esta prueba consiste en aplicar el voltaje de prueba con fuente fija, entre los terminales y un punto de tierra, durante 10 (diez) minutos, registrando el valor de la Resistencia de Aislamiento en cada minuto.

- **Impulso comparativo.**

La prueba consiste en aplicar a cada fase del bobinado pulsos de voltaje y registrar la respuesta de cada fase superpuestas en la pantalla del equipo.

En los motores trifásicos el voltaje se aplica entre cada par de terminales, hasta completar todas las posibilidades, 1-2, 2-3, 3-1. De acuerdo a la Norma ANSI/EASA AR 100-2001, la tensión a aplicar en esta prueba es:

$$V = (2 \cdot V_n + 1000) \text{ V}$$

El tiempo de prueba es el necesario para poder ver las ondas en el osciloscopio. Esto generalmente toma unos cuantos segundos.

- **Prueba de alta tensión.**

Recomendaciones:

Si el motor tiene accesorios como condensadores, estos deben ser desconectados antes de realizar la prueba.

Si la prueba se hace con voltaje DC, luego de la prueba el bobinado debe descargarse hasta que la carga caiga a cero.

El voltaje y tiempo de prueba se aplica entre los terminales y la carcasa del motor. Este voltaje de prueba debe ser aplicado por un tiempo de 1 (un) minuto.

- **Termografía.**

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de termo visión por Infrarrojos

- **Detectores de descargas parciales.**

Son pequeñas descargas que se producen siempre en el seno de un gas presente en un medio aislante.

Cuando el gradiente de tensión aplicado excede un determinado valor el gas se ioniza y genera la descarga. Su detección y medida en los bobinados de una maquina rotativa indican presencia de defectos y permiten determinar el grado de fiabilidad del sistema aislante.

- **Ondas de choque.**

Proporcionan información sobre el estado del aislante. Se utiliza, para el control de calidad de devanados nuevos como de reparados, para detectar posibles fallas de una maquina en funcionamiento.

- **Tangente delta.**

También llamado factor de potencia de los aislantes, son ensayos dieléctricos que se realizan aplicando una tensión alterna.

Se realizan con un puente de corriente alterna denominado puente de schering, este equipo permite obtener adicionalmente el valor de la capacidad del aislamiento a la frecuencia industrial, se ensaya a cada una de las fases por separado, cortocircuitando y referenciado a tierra las otras dos.

Hoy en día gracias a tecnologías podemos realizar pruebas sin necesidad de realizar paro de producción. Dando una mejor eficiencia y una mejor confiabilidad de este tipo de maquinas.

7.3 MANTENIMIENTO ARRANCADORES ELECTRICOS

A estos dispositivos que son de gran ayuda en la parte industrial debemos realizarle un mantenimiento adecuado ya que el fallo de uno de estos equipos por mala operación nos puede realizar un paro en producción.

Tipos de arrancadores existentes.

- Arranque suave
- Auto transformador.
- Directo.
- Estrella triangulo.
- Vsd / variadores de velocidad.

Cada una de estos arrancadores cumple una función común pero son utilizados en diferentes maquinas con diferentes funciones.

Para realizar mantenimiento a estas maquinas debemos seguir y cumplir con unas reglas ya que son para seguridad de operarios y de las respectivas maquinas las cuales son:

- Realizar corte visible (breacker o interruptor general) condenación y candado si es posible
- Si esta ubicado en un CC0, realizar extracción del cubil
- Realizar inspección de los contactos fijos y móviles de los
- contactores, en caso que lo necesite tomar acciones correctivas
- Realizar inspección de los puntos de conexión a polos de contactores, breacker y térmicos, realizar ajuste a las borneras de control.
- Verificar ajuste de térmico y protecciones Electromagnéticas, teniendo en cuenta la Corriente nominal y de arranque de la carga.
- Realizar pruebas a los mandos locales, simular los Remotos, realizar prueba anual a las protecciones Térmicas y si es posible realizar pruebas a la protección electromagnética.

7.4 MANTENIMIENTO A ARRANCADORES SUAVES

En este tipo de arrancadores su mantenimiento es mínimo por las siguientes ventajas:

El mantenimiento se reduce a garantizar la ventilación del equipo, que los ductos estén libres de polución y garantizar el libre giro de las aspas de los ventiladores de refrigeración, y con las termografías garantizar el ajuste de los polos de conexión.

7.5 MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELECTRICAS

Para este caso el mantenimiento es un poco más extenso ya que cuando hablamos de subestaciones eléctricas estamos hablando de varios artefactos que la componen como lo son:

- Medidores de energía activa y reactiva.
- Seccionadores.
- Transformadores.

- Barrajes.
- Totalizadores.
- Banco de condensadores.
- Dispositivos de medición.
- Supresores de transientes.
- Transferencia automática.
- PLC.

Por lo que podemos notar son demasiados instrumentos que componen un subestación por lo tanto se deben realizar mantenimientos de todas las clases en estos sitios para crear una confiabilidad del 100%.

Para realizar un mantenimiento correcto debemos empezar a conocer cual es el respectivo funcionamiento y como es comandado el sistema conociendo sus respectivos planos y conexiones.

7.6. MANTENIMIENTO A SECCIONADORES

A estas maquinas se le realiza un mantenimiento el cual consiste en realizar:

- Limpieza contactos.
- Inyección de corriente para verificar la rigidez dieléctrica.
- Ajuste mecánico.

7.7. MANTENIMEINTO A TRANSFORMADORES

Hay que tener en cuenta que esta maquina estática tiene un rendimiento del 97 % funcionando en parámetros correctos y empleando mantenimientos constantes bien aplicados los cuales son:

- Realizar una termografía para identificar puntos calientes.
- Muestreo de Aceite para determinar la rigidez dieléctrica.
- Limpieza y ajuste de componentes.
- Las partes que determinan la vida de un transformador es su aislamiento, las cuales son las partes más delicadas y vulnerables del conjunto.
- Este se ve afectado principalmente por:
 - Humedad
 - Temperatura φ
 - Oxigeno
 - Gases
 - Impurezas
 - Contaminación

El mantenimiento del transformador esta principalmente dirigido a la conservación de su aislamiento desde el punto de vista eléctrico, mecánico y químico.

- **Mantenimiento sistemático.**

Se inspeccionan las siguientes partes:

- Construcciones civiles
- Tanque
- Conexiones a tierra
- Porcelanas de los bushing
- Limpieza general
- Tanque conservador
- Radiadores
- Ventiladores
- Silicagel
- Cambiador de taps
- Manómetro y vacuometro
- Nivel de aceite
- Nivel de temperatura

- **Mantenimiento predictivo.**

Se realizan las siguientes pruebas:

- Termografía infrarroja
- Cromatografía de gases
- Análisis físico-químico de aceite
- Pruebas eléctricas

- **Mantenimiento correctivo.**

Se realizan los siguientes procedimientos:

- Cambio o filtrado de aceite.
- Reposición de elementos como aisladores, conectores, empaquetadura, relé bulchoz, silicagel, ruedas, etc.
- Rebobinado de núcleo.
- Limpieza de cuba.
- Pintura exterior

7.8. MANTENIMIENTO A TOTALIZADORES

A estos instrumentos que son de gran importancia para la protección de baja tensión se les debe realizar un mantenimiento correcto ya que de estos dispositivos depende la vida de muchas maquinas y gran parte de producción por lo tanto deben ser bien calibrados a soportar determinadas cargas.

- Prueba de termografía.
- Cambio de tortillería.
- Cambio de barrajes.
- Cambio de conductores.

- Cambio de terminales Tipo ojo según sea el número del conductor.

7.9 MANTENIMIENTO DE BARRAJES

Estos instrumentos son los que me transmiten el flujo eléctrico a través de todos los totalizadores por lo que deben ser bien calculados para soportar determinadas cargas, ellos deben ser de materiales adecuados para el flujo de electrones el cual es el Cobre ya que por su composición molecular es uno de los mejores conductores. El mantenimiento que se le aplica a estos barrajes es muy poco el cual es:

- Prueba de termografía.
- Ajuste de pernos.
- Rectificación de Roscas.
- Montaje de pernos con verificación
- Cambio de Barras.

•

7.10 MANTENIMIENTO A PLC'S

Estos instrumentos son totalmente electrónicos por lo tanto el mantenimiento es poco.

- Según manual la batería se debe cambiar cada seis (6) meses.
- Ajuste de tornillos.
- Reprogramación del PLC

En estos momentos tenemos una gran variedad de PLC's las cuales han sido de gran ayuda en el control de máquinas industriales.

El programador debe realizar multitud de funciones y muchas de ellas simultáneamente, las funciones más comunes son:

- Detección: Señales externas
- Mando: Arranque y parada de un motor
- Interfase (Diálogo Hombre Máquina).
- Programación: Software del PLC's

Para realizar el mantenimiento se debe hacer lo siguiente:

-
- Desmontar, limpiar tarjetas internas, anual
- Revisión pistas internas, soldaduras de tarjetas, anual.
- Revisión y manto de ventilador interno, anual.
- Revisión y limpieza de peines internos. Anual.
- Revisión y pruebas de relés o cambio, anual.
- Revisión y pruebas de transistores, triacs o cambio.
- Revisión y pruebas de pilotos o cambio, anual.

La confiabilidad de estos equipos es grande y su mantenimiento se puede prolongar a más tiempo.

7.11 MANTENIMIENTO A CENTROS DE CONTROL DE MOTORES CCM

Estas maquinas son de gran ayuda en la parte industrial evitando que el manejo de muchas maquinas sea directamente en la maquina disminuyendo en un 80% el riesgo a los operarios.

Estos elementos se clasifican en tres categorías de acuerdo a su nivel de inter cableado entre las unidades y las secciones

CCM clase 1

Estos centros de control de Clase 1 no incluyen ningún inter cableado. Son esencialmente un grupo mecánico de control de motor, Unidades de Derivación de Alimentador y otras unidades colocadas dentro de la estructura. Conexiones del bus horizontal están incluidas, pero no se efectúa ningún alambrado ni inter bloqueo entre las unidades.

CCM clase 2

Estos centros de control incluyen inter alambrado e inter bloqueo entre las unidades. Son sistemas de control completos que incluyen diagramas que ilustran la operación de las unidades de control.

El tipo de alambrado es utilizado para designar la cantidad de alambrado de campo requerido por el cliente.

Como estas maquinas son electrónicas hay que tener en cuenta que deben quedar instalas en lugares que sean asequibles para la supervisión y mantenimientos necesarios.

Estos instrumentos se clasifican de acuerdo a donde vayan a ser instalados ya que de su ubicación bajo determinadas condiciones se realizara un determinado mantenimiento.

Son muy pocos los arrancadores de motores destinados a usos industriales que trabajan en lugares limpios. El polvo, lanas, humedad, deben ser aspirados con regularidad.

Si se va a comprimir aire se debe poner a presiones bajas para no llegar a causar daños en el CCM

Una de las partes más importantes en los a.m. son los Contactos de cobre los cuales son deteriorados por la oxidación creando una resistencia alta, y en la mayoría de los casos se hace limpieza frecuente y correcta.

Las bobinas deben ser energizadas adecuadamente ya que de un buen uso alargamos la vida útil. Estas bobinas proporcionan la fuerza electromagnética que se requiere para abrir o cerrar los contactos de un relevador.

BIBLIOGRAFIA

DUFFUAA, Salih; RAOUF, A. CAMPBELL, John. "Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control". México: Limusa Wiley, 2002. 620 p..

MORROW L. C. "Manual de Mantenimiento Industrial. 10 ed. México: CECOSA 1985. 525 p.

NAKAJIMA, Seiichi. "TPM – Development Program Implementig Total Productive Maintenance". Cambrige. Massachussets: Productivity Press, 1989. 530 p.

PEREZ Carlos Mario. "Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información. 1992. 625 p.

RAMOND, Inc. "Administración del Mantenimiento Industrial. México: Ed. Diana 1982. 330 p.